

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

СИСТЕМА 3-D МОДЕЛЮВАННЯ POWER SHAPE

МАТЕРІАЛИ З КУРСУ ЛЕКЦІЙ

для студентів денної і заочної форми навчання
спеціальності 131 “Прикладна механіка ”

Краматорськ, 2018

УДК 558.512:621.9

Система 3-D моделювання Power Shape: Матеріали з курсу лекцій для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 131 “Прикладна механіка” / Укл.: О.С. Ковалевська. – Краматорськ: ДДМА, 2018. – 87 с.

Укладач:

О.С. Ковалевська, доцент

Відп. за випуск

О.Є. Марков, проф.

На прикладі програмного забезпечення Power Solution фірми Delcam plc (Великобританія) розглянуті питання комплексної автоматизації і конструкторсько - технологічної підготовки виробництва деталей складної геометрії. На комплексних прикладах продемонстровані можливості використання програмного забезпечення Delcam в різних галузях промисловості.

З М І С Т

	Стор.
Введення у програмний комплекс Power Solutions	5
1 Загальні основи роботи з системою.....	8
1.1 Інтерфейс системи. Управління графічним вікном.....	8
1.2 Система координат. Створення робочої площини.....	9
2 Створення базових графічних об'єктів.....	15
2.1 Створення графічних об'єктів.....	15
2.2 Редагування примітивів.....	17
3 Редагування базових графічних об'єктів.....	20
3.1 Створення контура.....	22
3.2 Редагування контура.....	25
4 Загальне редагування об'єктів.....	26
4.1 Обмеження, розрізання та переміщення об'єктів.....	26
4.2 Поняття відображення об'єкту, масштабування та створення еквідистанти.....	37
4.3 Створення проекції та масиву об'єктів.....	45
5 Криві. Побудова і редагування кривих.....	47
5.1 Побудова кривих.....	47
5.2 Редагування кривих Безьє.....	51
6 Створення поверхонь.....	60
6.1 Загальне поняття поверхні.....	60
6.2 Створення параметризованих поверхонь.....	61
7 Створення поверхні з мережі кривих.....	65
7.1 Поверхня з мережі кривих.....	65
7.2 Інтерполяція кривих.....	67
8 Твердотільне моделювання.....	72
8.1 Поняття твердотільного моделювання.....	72
8.2 Інструменти твердотільного моделювання.....	74
Перелік посилань.....	86

Введення у програмний комплекс Power Solutions

У наш час в промислово розвинених країнах широко поширюються нові інформаційні технології наскрізної підтримки наукомісткої продукції на всіх етапах її життєвого циклу, в т.ч.: на етапах технічного задуму, проектування, виробництва, продажу, експлуатації і сервісного обслуговування. Існуюча стратегія систематичного підвищення ефективності, продуктивності і рентабельності процесів господарської діяльності підприємства, а також об'єднання сучасних методів інформаційної взаємодії етапів життєвого циклу продукції називається CALS-технологіями (Continuous Acquisition and Life-cycle Support - безперервна інформаційна підтримка життєвого циклу продукту).

Базуються на стандартизованому єдиному електронному представленні даних і колективному доступі до них, ці технології дозволяють суттєво спростити проектування, виробництво, продаж, експлуатацію та сервісне обслуговування складного обладнання і підвищити продуктивність праці на всіх перерахованих етапах, як мінімум, на 30 %.

Розвиток CALS-технологій, як засіб інтеграції в світову економіку, докорінно спрощує внутрішню і міжнародну промислову кооперацію, що підвищує привабливість і конкурентоспроможність промислових виробів, що забезпечують якість продукції, прискорення взаєморозрахунків постачальників і споживачів і вдосконалення організації управління на підприємствах, що реформуються.

В умовах постійного і значного ускладнення інженерно-технічних проектів, програм розробки нової продукції і зростання наукоємності виробів конкурентоспроможними стають підприємства, які досягли досконалості в управлінні бізнесом, що володіють налагодженими процесами проектування, виробництва, постачання і підтримки продукту, орієнтовані на функціонування в умовах швидко змінної економічної ситуації і здатні миттєво реагувати на виникаючі нові запити ринку.

Впровадження CALS-технологій сприяє подоланню бар'єрів всередині між різними організаціями за рахунок створення єдиного електронного середовища вироблених виробів і оброблюваної інформації, що дозволяє створювати віртуальні підприємства за допомогою інтернет-технологій, учасники яких можуть знаходитися на будь-якій відстані один від одного.

CALS охоплює і зводить воедино широку гаму засобів, інструментів і методів, використовуваних для вдосконалення, підтримки і забезпечення господарської діяльності підприємств. В даний час в машинобудуванні, як і в

інших сферах людської діяльності, існує програмне забезпечення, що дозволяє автоматизувати практично всю науково-технічну та інженерну діяльність підприємства на етапах проектування і виробництва. Кожен клас цього програмного забезпечення дозволяє автоматизувати конкретну ділянку діяльності, а функціональність будь-якої системи визначається набором даних, які вона використовує.

У загальному випадку на етапах проектування і виробництва інформаційні технології можна розділити на наступні класи:

- CAD / CAM (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing) - системи автоматизованого проектування виробів і технологій їх виготовлення (Catia, Unigraphics, ProEngineer, PowerSOLUTION, SolidWorks, Sprut, Компас, T-FLEX і ін.);

- CAE (Computer Aided Engineering) - системи автоматизованого інженерного аналізу деталей і машин (Nastran, Ansys, Compas і ін.);

- PDM (Product Data Management) - системи автоматизованого управління базами даних про виріб (IMAN, Optegra, Enivia і ін.);

- Project Management - автоматизовані системи управління процесом проектування і системи планування (WorkFlow, DocFlow і Project Planing);

- MRP (Material Requirements Planning) - автоматизовані системи управління виробництвом (SAP R / 3, BAAN, Галактика і ін.).

CAD / CAM-технології є основною платформою для сучасного машинобудування. Даний клас інформаційних технологій дозволяє знизити витрати виробництва при істотному підвищенні ефективності, скороченні циклу випуску виробів і термінів його запуску, що особливо важливо для роботи в умовах динамічно мінливої кон'юнктури сучасного ринку. Розвиток CAD / CAM-технологій дозволило вдосконалювати етапи дизайнерського опрацювання виробів, створення прототипів і досвідчених зразків, в результаті чого з'явилися сприятливі передумови для оперативної зміни виробу відповідно до вимог маркетингової стратегії без відволікання значних ресурсів на коригування конструкції і технологічних процесів.

Однією з провідних компаній - розробників CAD / CAM-систем є фірма Delcam plc (Великобританія). На сьогоднішній день Delcam plc має більше 125 представництв в 80 країнах світу. Програмне забезпечення Delcam використовують понад 9000 промислових підприємств, таких як: Mercedes-Benz, Ford, Toyota, Volkswagen, Rover, Sony, LG, Daewoo, Siemens, Nokia, Nike та ін.

Історія компанії Delcam починається з 1968 року з Кембриджського

університету. Тоді групою «DELTA» під керівництвом математика Т.Госслінга була розроблена перша версія програми DUCT, що вирізнялася можливістю оперувати локальними системами координат і можливістю створювати складні криволінійні поверхні, використовуючи при цьому як осьових ліній сплайнові криві Безьє. Пізніше група розробників виродилася в самостійну юридичну особу, а фірма отримала назву DELCAM («DEL» - від колишньої назви «DELTA», «CAM» від найменування «Computer Aided Manufacturing»). Система DUCT була однією з перших інтегрованих CAD / CAM-систем, мала інтерфейс командного рядка і працювала під управлінням операційної системи Unix. Після популяризації графічних операційних систем компанії Microsoft, розробники Delcam випустили програмний комплекс Power Solution, який на сьогоднішній день включає наступні пакети:

- PowerSHAPE - система автоматизованого геометричного моделювання;
- PowerMILL - система автоматизованої технологічної підготовки виробництва деталей складної геометрії для 2,5-, 3-, 4- і 5-координатних фрезерних верстатів з ЧПУ;
- ArtCAM - система створення художніх рельєфів, що має вбудований модуль розрахунку керуючих програм для 2,5- і 3-координатних фрезерних верстатів з ЧПУ;
- CopyCAD - система зворотного проектування готових деталей за даними з координатно-вимірювальних машин (КІМ);
- PowerINSPECT - система автоматизованого контролю деталей складної геометрії за допомогою КІМ.

Відмінною особливістю інформаційних технологій компанії Delcam є можливість моделювати деталі будь-якої геометричної складності, в т.ч. художні барельєфи, проектувати технологічні процеси як для традиційних 2,5- і 3-координатних схем фрезерування, так і для багатокордінатно фрезерної обробки з ЧПУ, з огляду на особливості силового і високошвидкісного фрезерування.

Компанія Delcam є однією з перших компаній-розробників програмного забезпечення, яка почала активне впровадження САПР не тільки на підприємства, але і в систему освіти. Взаємодія компанії-розробника, промислових підприємств та освітніх установ призвело до формування спільних проектів, укладання договорів на цільову підготовку фахівців, скорочення термінів адаптації випускників на підприємствах і, в кінцевому підсумку, підвищенню ефективності виробництва.

1. Загальні основи роботи з системою.

Система автоматизованого моделювання PowerShape є одним з представників сімейства програмних продуктів нового покоління фірми Delcam plc (Великобританія), об'єднаних під ім'ям PowerSolution. Дана програма є зручним інструментом, що дозволяє реалізувати на комп'ютері будь-які дизайнерські ідеї і вирішити найскладніші конструкторські завдання. Відмінною особливістю системи PowerShape є гібридне поверхнево-твердотільної моделювання, що дозволяє створити математичну модель реальної деталі будь-якої геометричної складності. Універсальність системи PowerShape досягнута можливістю оперувати об'єктами, представленими в різних математичних формах: Безьє, B-Spline і G2 - криві; Безьє і NURBS - поверхні. Динамічна 3D графіка системи PowerShape дозволяє обертати модель і отримувати зображення з будь-якої точки простору, а зафарбовування моделі дає фотореалістичне уявлення про майбутнє виробі. Практичну значимість системи розширюють додаткові модулі, призначені для: виконання збірок (PS-Assembly), конструювання штампів і прес-форм (PS-Moldmaker), проектування взуття (PS-Shoemaker), підготовки конструкторської документації (PS-Draft) (рис.1.1).

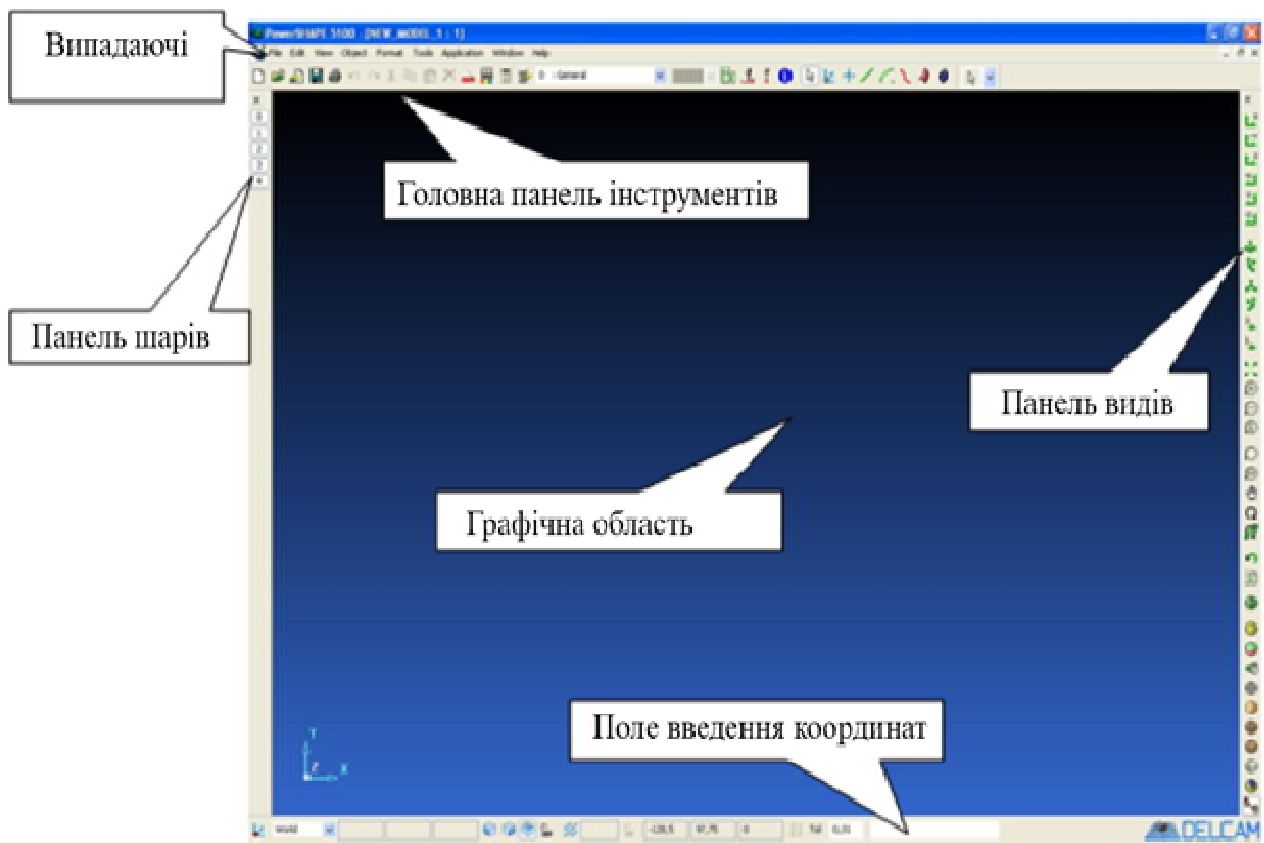


Рис. 1.1 Загальний вид системи Power Shape

1.1 Інтерфейс системи. Управління графічним вікном.

Система PowerShape працює під управлінням операційних систем сімейства Windows і має зручний графічний користувальницький інтерфейс. Запуск програми здійснюють за допомогою ярлика на робочому столі або через меню «Пуск» (рис. 1.2).

Більшість опцій, що містяться в меню, що випадають, доступні з відповідних панелей інструментів.

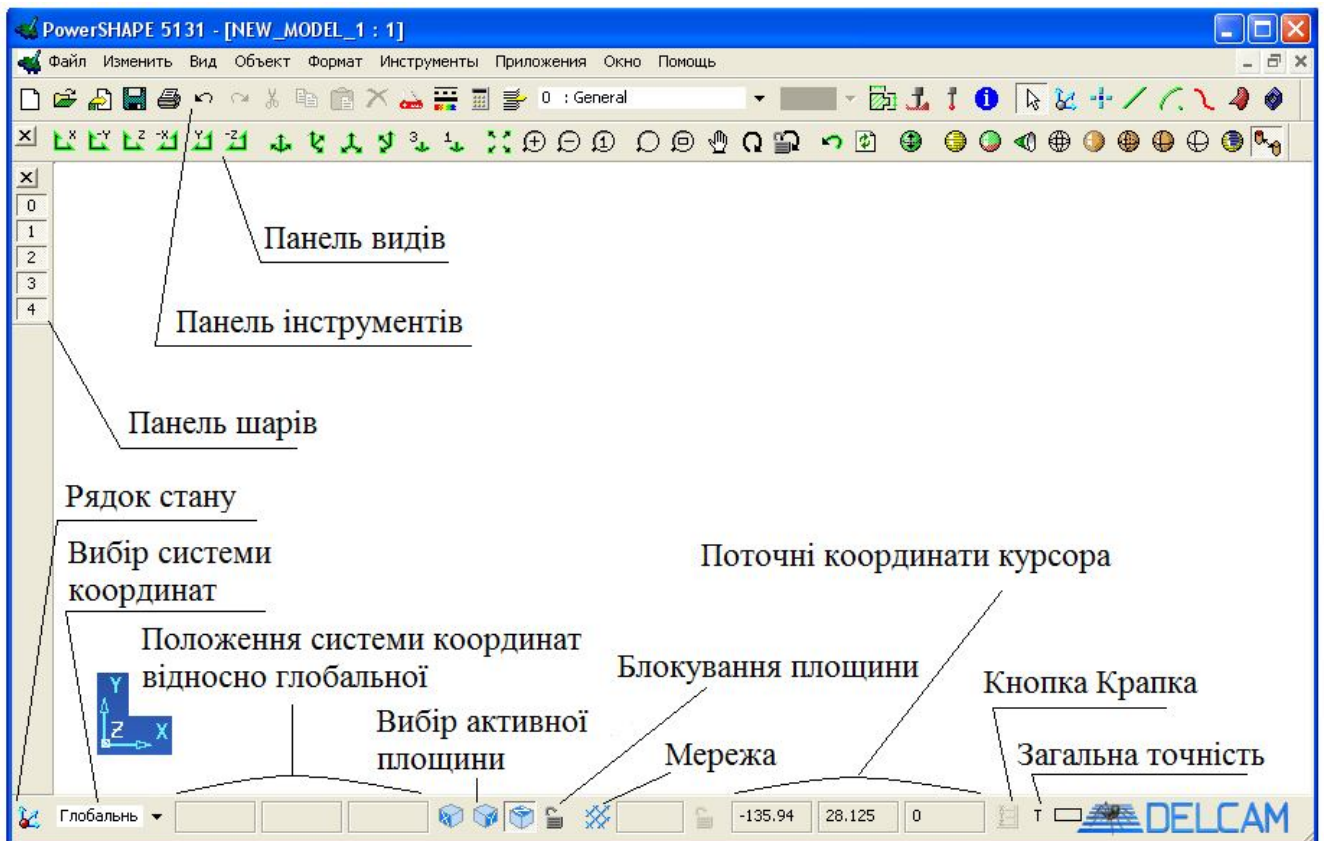


Рис.1.2 Стандартний вид вікна PowerSHAPE

Управління графічним вікном здійснюється за допомогою Панелі Видів. (Рис.1.3). Панель видів служить для: вибору стандартних видів (види уздовж відповідних осей і ізометричні види), зміни виду (масштабування, переміщення і обертання), аналізу і зафарбовування моделі.



Рис. 1.3 Панель видів

Для динамічного обертання, переміщення, масштабування також використовується миша і поєднання клавіш.

Управляти видом можна в динамічному режимі маніпулюючи мишею. Динамічне масштабування виду здійснюється за допомогою правої кнопки миші і одночасним натисканням клавіші «Ctrl» на клавіатурі. Динамічне переміщення виду: «Shift» + «Права кнопка миші». Динамічне обертання виду здійснюється за допомогою середньої кнопки миші.

При створенні нової моделі, побудова починається щодо глобальної системи координат. Для конструювання простих геометричних об'єктів достатньо наявності однієї глобальної системи координат. Однак, в разі, комплексного складно профільних моделювання доцільніше використовувати локальні системи координат (Workplanes). Їх можна створювати в будь-якій точці щодо глобального простору і повертати на різні кути. Координати центру локальних систем координат, як і координати геометричних об'єктів, задають або за допомогою об'єктної прив'язки, або через «Поле введення координат».

Для мишки зі скролінгом:

Обертання моделі - за допомогою скролінгу;

Переміщення - натиснути клавішу Shift, і утримуючи її, натиснути на скролінг і перемістити курсор в потрібне положення;

Масштабування - натиснути клавішу Ctrl, і утримуючи її, натиснути на скролінг і перемістити курсор вгору або вниз.

Збільшити рамкою - підвести курсор миші до місця збільшення, натиснути клавіші Ctrl + Shift, і утримуючи їх, натиснути на скролінг. Перемістити мишку, утворюючи рамку для збільшення. Відпустити клавіші.

Для двоклавішній миші:

Обертання моделі - натиснути клавіші Ctrl + Shift, і утримуючи їх, натиснути на праву кнопку миші і обертати курсор;

Переміщення - натиснути клавішу Shift, і утримуючи її, натиснути на праву кнопку миші і перемістити курсор в потрібне положення;

Масштабування - натиснути клавішу Ctrl, і утримуючи її, натиснути на праву кнопку миші і перемістити курсор вгору або вниз.

Для зручності роботи з декількома об'єктами передбачені можливості:

приховати обраний об'єкт - поєднання клавіш Ctrl + J;

приховати всі, окрім вибраних об'єктів - поєднання клавіш Ctrl + K;

показати приховані об'єкти - Ctrl + L;

звернути гасіння, тобто показати погашення об'єкти, але приховати об'єкти, які знаходяться у вікні - Ctrl + Y.

Більшість команд повторюються в меню Вид (Рис. 1.4). В меню Вид біля команд вказані гарячі клавіші.

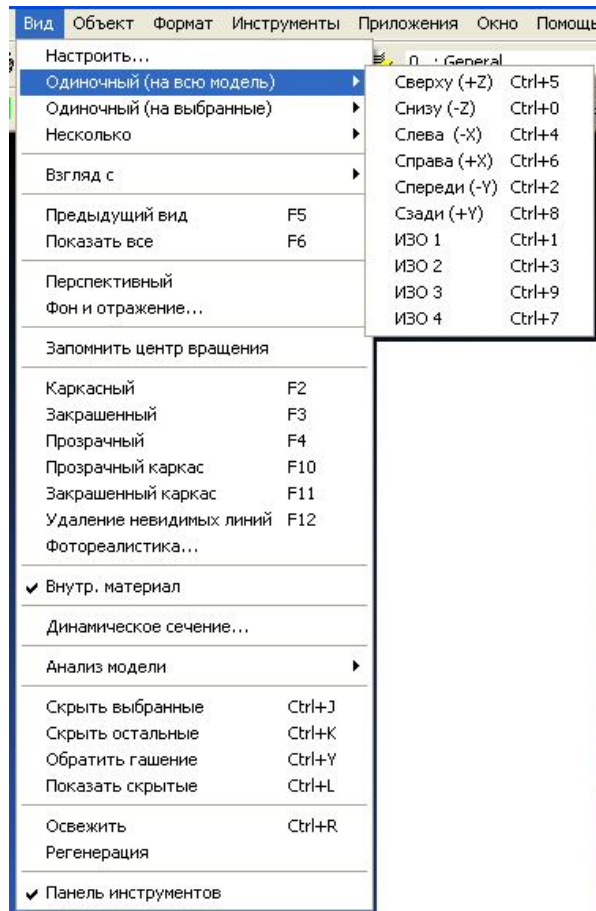



Рис.1.4. Меню Вид

Закріплена панель інструментів завжди видима, її можна переміщати в будь-яке місце екрану і стикувати з іншими панелями.

Панелі інструментів, які можна закріпити, містять символ .

Управління курсором. 

«Розумний» курсор забезпечує динамічну допомогу (динамічні прив'язки), коли потрібні:

Введення точки - активуються допоміжні лінії і мітки для перетягування, прив'язки і створення точок.

Вибір об'єкта - підсвічується об'єкт, готовий для вибору.

При виборі і редагуванні об'єктів іконка курсора змінюється.

Включення / вимикання розумного курсора - використовується меню в рядку стану (внизу вікна)

Використання Розумного курсора з блокуванням осей.

Розумний курсор можна ефективно використовувати спільно з блокуванням осей.

Для зміни режиму роботи Розумного курсору за допомогою таких клавіш:

X - натиснути та утримувати клавіші X блокує вісь X в режимі побудови, перетягування об'єктів і переміщення точок.

Y - натиснути та утримувати клавіші Y блокує вісь Y в режимі побудови, перетягування об'єктів і переміщення точок.

Z - натиснути та утримувати клавіші Z блокує вісь Z в режимі побудови, перетягування об'єктів і переміщення точок.

N - натиснути та утримувати клавіші N змушує точки переміщатися тільки по нормалі до поверхні.

Керування графічним вікном здійснюється за допомогою основних вкладок інтерфейсу (Рис. 1.5).

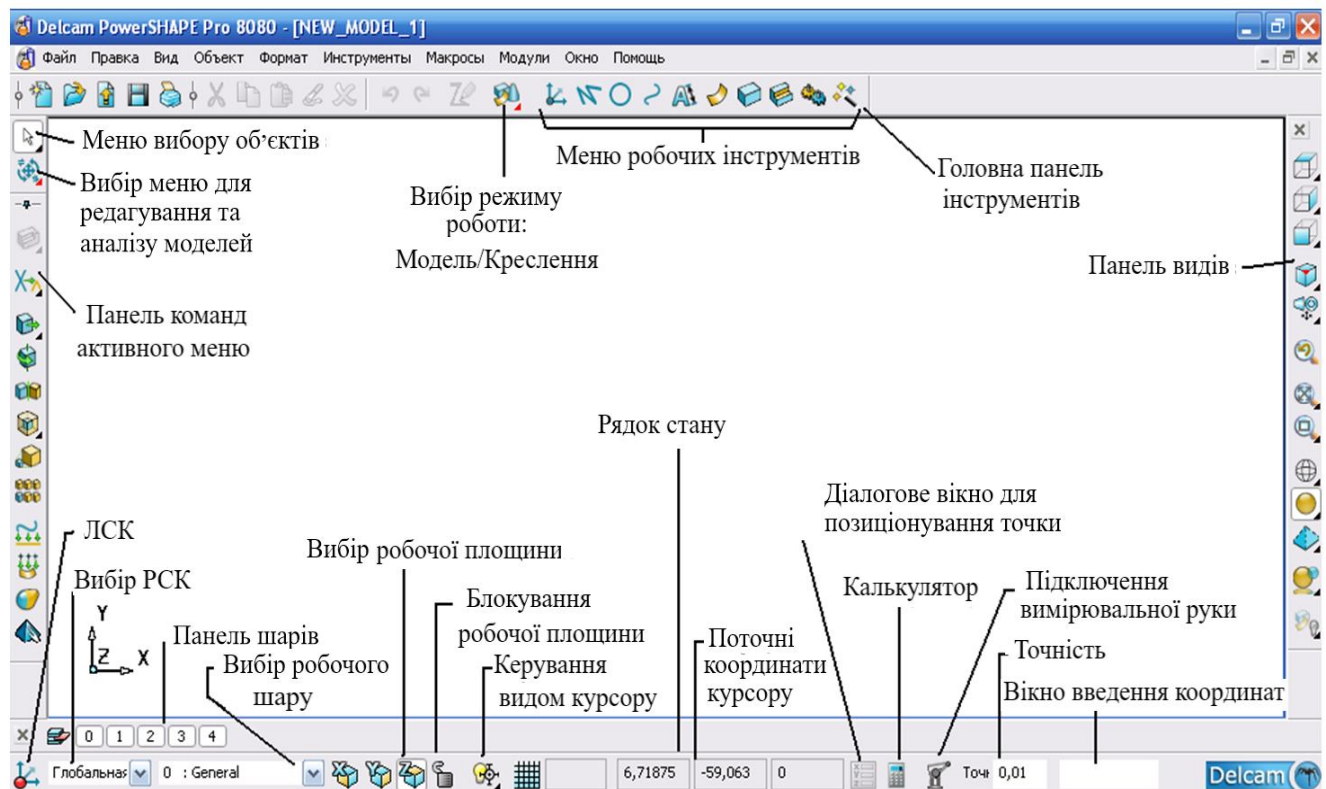


Рис. 1.5 Керування графічним вікном

1.2 Система координат. Створення робочої площини

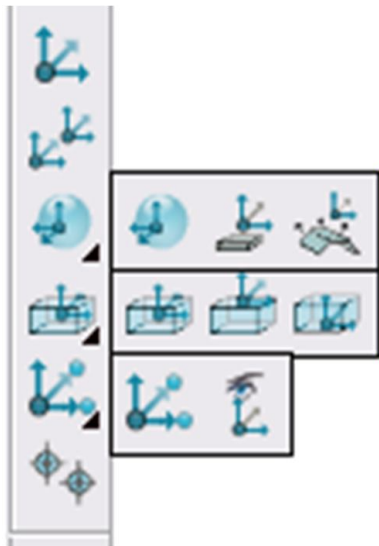
Всі об'єкти в PowerShape зберігаються в глобальній системі координат. Початок глобальної системи координат, має координати: X0, Y0, Z0 або (0 0 0)

Точки можна вводити як в абсолютних координатах, так і у відносних.

Для побудов встановлюється активна площина: YZ , ZX , XY . Для того щоб третя координата залишалася незмінною, її блокують. Всі кнопки знаходяться в рядку стану.

Для зручності при виконанні побудов створюють локальні системи координат (ЛСК) – робоча система координат, з початком відліку щодо глобальної системи координат і осі яких можуть бути повернені.

Для створення ЛСК необхідно визначити активну площину тієї системи координат, щодо якої буде будуватися локальна система координат. Наприклад, активна глобальна система координат, площина побудови XY . При завданні положення курсором, координата Z буде дорівнює нулю (Рис.1.6).



- Створити робочу площину
- Створити декілька робочих площин
- Створити робочу площину по нормалі до поверхні
- Створити робочу площину в центрі (зверху, внизу) обраних об'єктів
- Створити робочу площину по трьох точках та перпендикулярно виду вікна
- Створити точку

Рис.1.6 Команди для створення локальної системи керування.

Редагування ЛСК за допомогою діалогового вікна

Для редагування положення, напрямку та положення вісей локальної системи керування необхідно підвести курсор до системи координат, і коли з'явиться зображення руки, виконати подвійне клацання. З'явиться діалогове вікно робочої площини. (Рис.1.7).

Для блокування змін ЛСК необхідно натиснути кнопку *Блокувати*. На практиці ця можливість використовується для заборони зміни ЛСК, використовуваних в будь-яких спеціальних цілях.

Вказівник *Активний* дозволяє активувати або деактивувати обрану робочу площину.

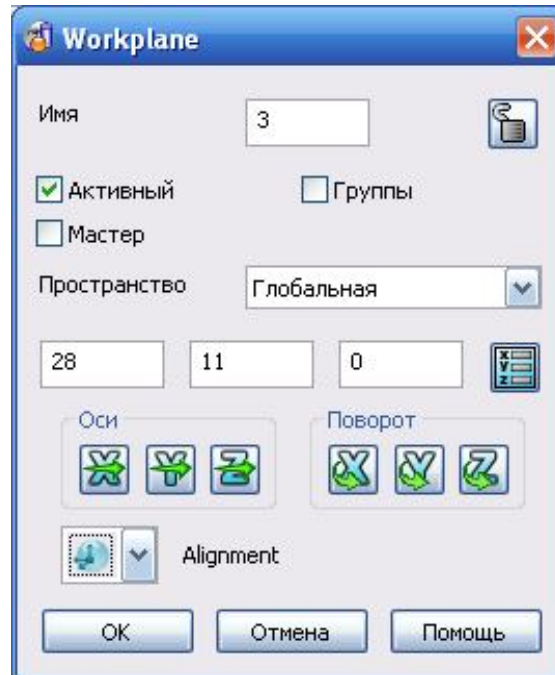


Рис. 1.7 Меню локальної системи керування

Вказівник *Група* дозволяє встановлювати асоціативний зв'язок між ЛСК і всіма об'єктами, створеними в цій системі координат.

Вказівник *Майстер* дозволяє встановити обрану ЛСК базовою для всіх локальних систем координат (Рис. 1.8).

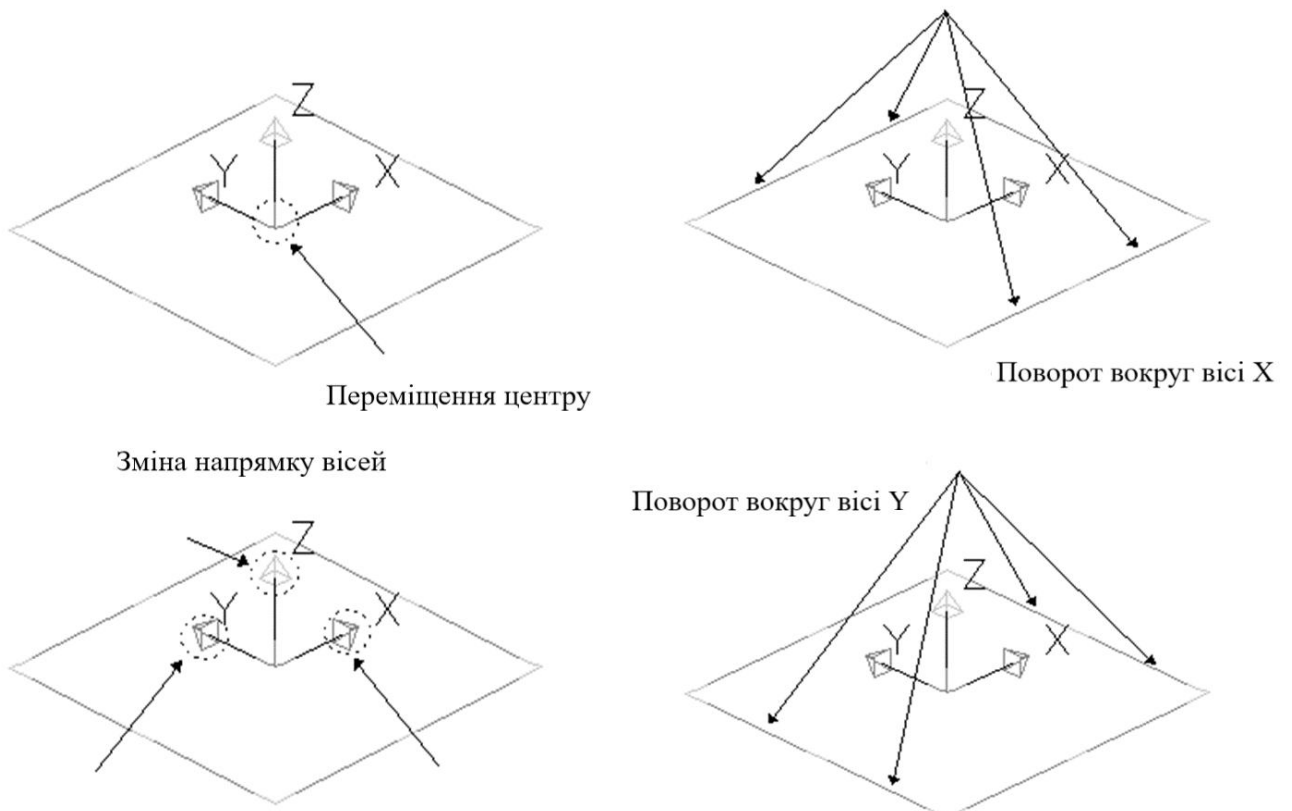


Рис. 1.8 Графічне редагування робочої системи координат

2. Створення базових графічних об'єктів

2.1 Створення базових графічних об'єктів

Для введення даних графічних об'єктів можливі наступні методи (Рис. 2.1):

- Використання поля введення;
- Використання інтерактивного курсора, який відображає поточне

значення;



- Використання діалогового вікна Position / Точка

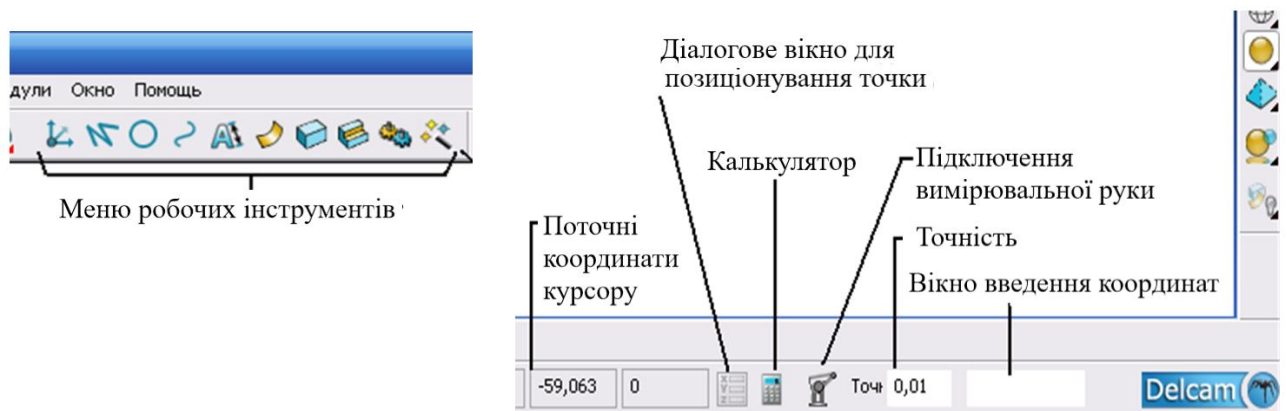


Рис. 2.1 Засоби створення графічних об'єктів

Введення точки з панелі стану.

У *Полі введення даних* на панелі стану можна вводити декартові або полярні координати. При цьому курсор знаходиться в графічному полі. Після введення координат необхідно натиснути Enter.

Введення декартових координат

Синтекс введення декартових координат наступний: [Простір] X [Y [Z]] [одиниці]
Квадратні дужки [] означають, що компонент можна не задавати. Можливі наступні варіанти:

глобальні - (координати в глобальній системі координат) робочий простір задається буквою w.

абсолютні - (координати в поточній системі координат) координати точки задаються символом @ або abs.

відносні - (координати в збільшеннях до останньої введенної точки) координати задаються буквами ge.

$X [Y [Z]]$ - є відповідні координати. Якщо друге і третє значення не задані, вони приймаються за нуль.

Порядок $X Y$ і Z координат може визначатися активної площиною, якщо встановлено вказівник в параметрах налаштування: панель *Інструменти* → *Параметри* → *Workplane* → *Використовувати активну площину*.

Приклади завдання декартових координат:

20 30 40

w 15

@ 25 60.8 mm (із завданням одиниць виміру)

abs 50 mm

re -30.7 0 90

Введення полярних координат

Синтаксис введення полярних координат наступний:

> Кут [одиниці_кута] довжина [одиниці_кута]

Квадратні дужки [] означають, що компонент можна не задавати.

> - вказує на те, що будуть задаватися полярні координати. Кут - значення кута.

одиниці_кута - задають одиниці виміру кута, наприклад, degrees. довжина - значення довжини.

одиниці_довжини - задає одиниці вимірювання довжини, наприклад, mm.

Приклад введення полярних координат:

> 45 30

> 45 degrees 30 mm


> 30 2.5 inches

Для перегляду раніше запроваджених координат необхідно зафіксувати покажчик миші в *Поле введення* і використовувати стрілки курсору *Вгору* і *Вниз*.

Стрілка *Вверх* відображає введені раніше дані з останньої записи.

Стрілка *Вниз* відображає введені раніше дані з першого запису.

Використання діалогового вікна Position / Точка

Кнопка *Position / Точка*  знаходиться в рядку стану і доступна тільки в тому випадку, коли система очікує введення координат. Варіанти введення точок відображені на закладках сторінок.

Декартові / Cartesian. У списку *Робочий простір* вибирається спосіб завдання координат:

- Відносні / Relative - координати точки задаються в збільшеннях до координат раніше заданої точки, яка стає тимчасовим центром робочого простору;

- Абсолютні / Absolute - точка задається в локальній системі координат або глобальній, якщо локальна не задана;

- Глобальні / World - точка задається в глобальній системі координат.

Біля поля введення координат є кнопки з замком, за допомогою яких можна зафіксувати координати окремо по кожній осі. Для того, щоб змінити зафіксовану



координату необхідно її розблокувати.

Примітка: при перемиканні робочого простору фіксовані поля розблоковуються.

Відносно простір не завжди доступно через те, що не вдається визначити прийнятну точку центру робочого простору. В цьому випадку необхідно вибрати прийнятну точку (наприклад, перетин двох ліній) і зробити її центром робочого простору за допомогою кнопки *Стати відносним центром*.

Полярні / Polar. Дозволяє задавати точку в полярних координатах щодо активної площини (Рис. 2.2).

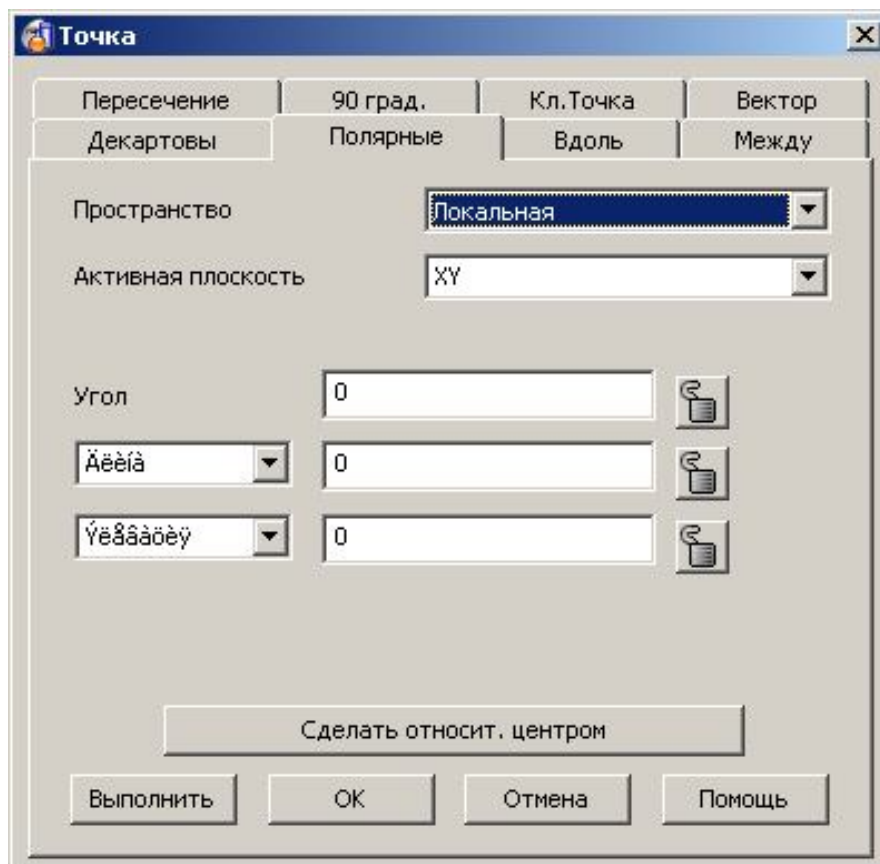


Рис. 2.2 Завдання полярних координат

В полі *Кут* задається значення полярного кута в активній площині. В меню

Довжина вибирається спосіб завдання довжини:

- *Відстань* - відстань від початку координат, якщо робочий простір абсолютне, або від попередньої точки, якщо робочий простір - відносне;
- X, Y, Z - дозволяє задати одну з координат уздовж осі активної площини

Меню *Елевація* містить опції, що дозволяють поставити крапку не лежить в активній площині:

- *Висота* - задає відстань до активної площини; наприклад, відстань по осі Z , якщо активною є площину XY ;
- *Елевація* - задає кут між активною площиною і напрямком до точки (рис. 2.3).

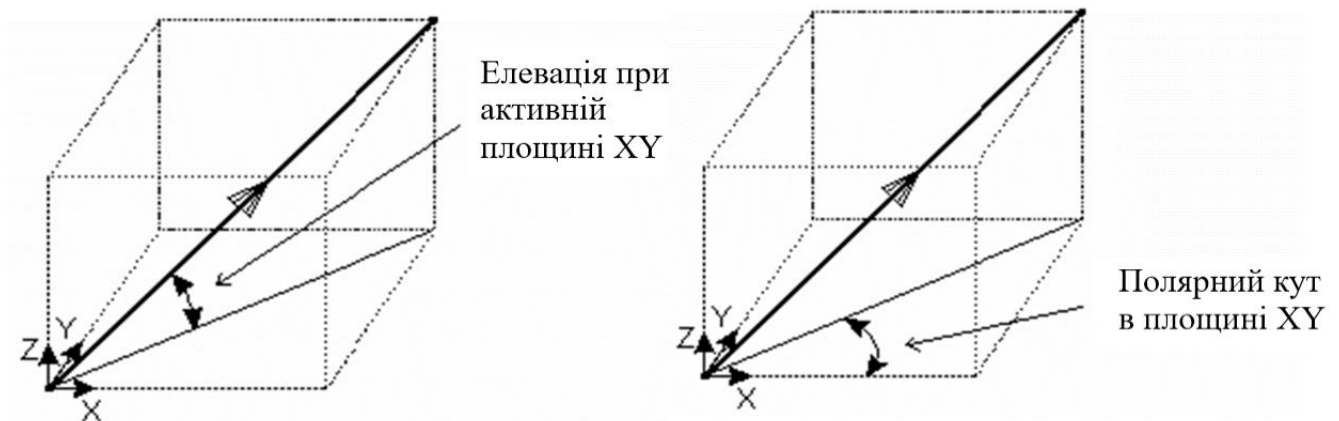


Рис. 2.3 Вимір елевації

Уздовж / Along. Дозволяє задати точку вздовж вибраного об'єкту. Цю відстань можна задати пропорцією або довжиною.

Між / Between. Цей метод відрізняється від попереднього тим, що створює точку не між початковою і кінцевою точкою одного об'єкта, а між двома довільними точками.

Коли в меню-перемикачі встановлена опція *Пропорція*, положення точки задається пропорцією довжини об'єкта. У нашому прикладі 0.5 показує середину об'єкта, 0.25 означає чверть (25%) від початкової точки. Коли меню-перемикач встановлений в положення *Відстань*, можна задати відстань, що вимірюється від початкової точки вздовж об'єкта.

Можна або вводити значення в текстовому полі, або змінювати значення за допомогою смуги прокрутки. За замовчуванням, смуга прокрутки розбиває об'єкт на 10 частин.

Перетин / Intersect. Цей метод дозволяє поставити крапку на перетині двох

об'єктів, якщо вони не схрещуються. Якщо об'єкти явно не перетинаються, то точка будується на продовженні цих об'єктів.

Якщо існує декілька можливих точок перетину, то буде обрана найближча до останнього вибраного об'єкту.

90 град. / Normal. Дозволяє знайти точку, що лежить на перетині обраного об'єкта або його продовженні і перпендикуляра, відновленого з початкової точки до обраного об'єкта.

Ключ Точка / Key Point. Дозволяє прив'язатися до ключовій точці обраного об'єкта. Наприклад, необхідно вибрати точку, збігається з ключовою точкою іншого об'єкта.

Побудова графічних примітивів



Меню *Лінія* містить побудову лінійних об'єктів:

- Одиночна лінія;
- Безперервна лінія;
- Прямокутник;
- Рамка навколо обраних;
- Фаска;
- Фаска без обрізки

При побудові фаски використовуються настройки, виконані в діалоговому вікні "Параметри" (меню *Інструменти* → *Параметри* → *Об'єкти* → *Лінії* → *Фаски* → *Поточні установки*) (рис. 2.4).

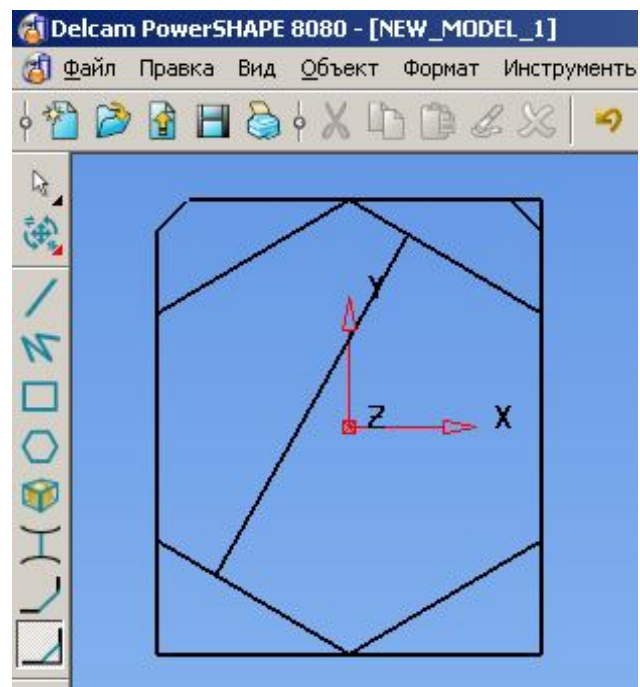
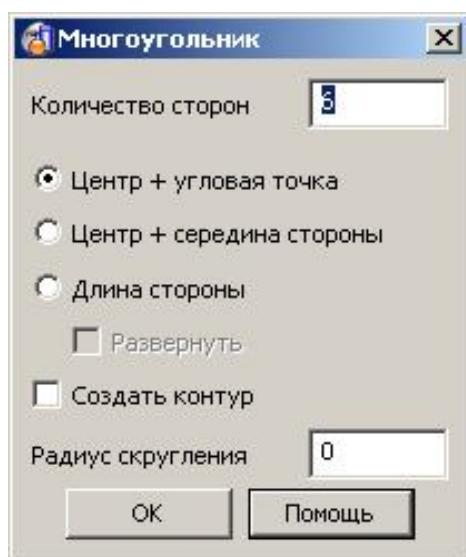


Рис. 2.4 Побудова графічних примітивів

Якщо потрібно змінити параметри фаски в процесі побудови, необхідно побудувати фаску, виконати подвійне клацання миші на лінії фаски. У діалоговому вікні ввести необхідні параметри (рис. 2.5).

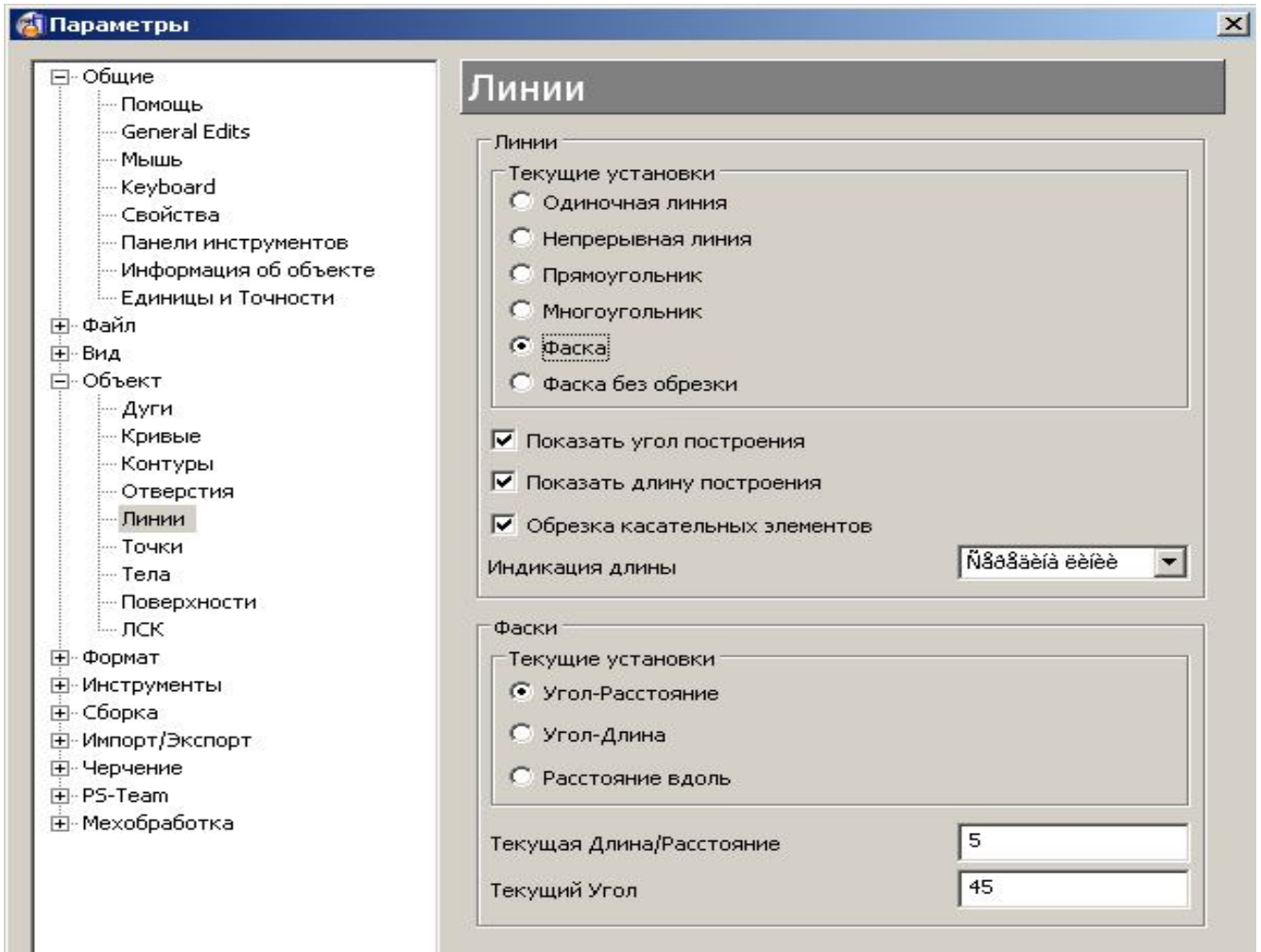


Рис. 2.5 Параметры побудови графічних примітивів

Для редагування графічних примітивів використовують *меню редагування*



Меню *Дуги*: 

- *Окружность;*
- *За трьома точками;*
- *Центр і дві точка;*
- *Округления;*
- *Округления без обрезки*

Окружность - це дуга з сектором 360°.

Коло і дуга має базові точки: центр; точка на початку дуги, точка в кінці дуги (для окружності вони збігаються); маркер (подвійна стрілка) радіусу.

В налаштуваннях параметрів системи встановлений радіус кола і заокруглення, які діють при виборі команд за замовчуванням. Якщо необхідно змінити значення, то водиться з клавіатури: *r* пробіл *нове_значення*. Також можна ввести нове значення після побудови, використовуючи маркер на окружності (підвести курсор до маркера, натиснути на ліву кнопку миші, і не відпускаючи її, перемістити курсор) або виконати подвійне клацання на об'єкті і в вікні ввести нове значення (рис. 2.6).

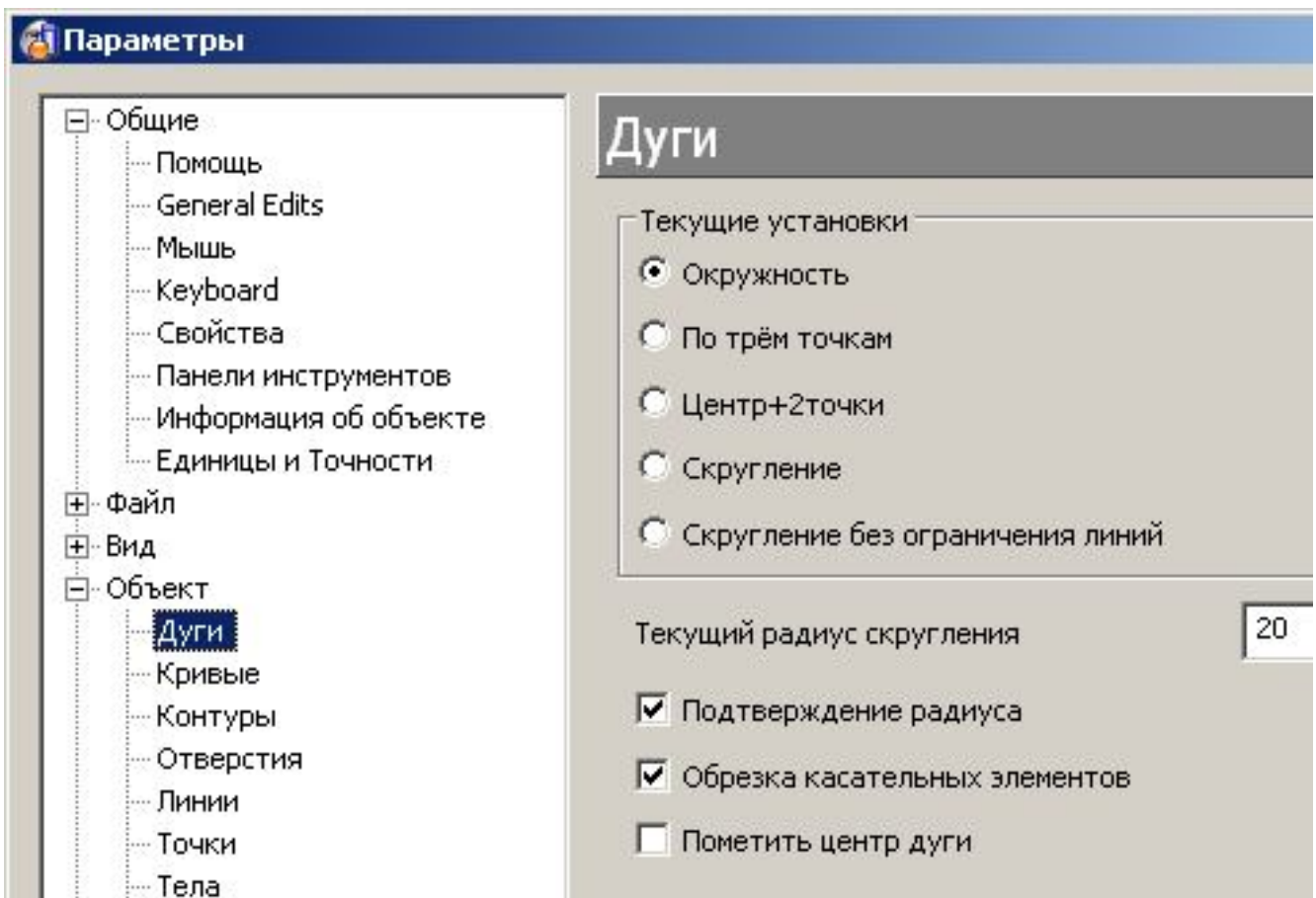


Рис. 2.6 Налаштування параметрів системи

Округлення будується таким чином, що створювана дуга лежить у ставленні до об'єктах. Округлення можна будувати також командою *По трьох точках*, в такому випадку при вказівці ліній повинна висвітлюватися прив'язка Дотик / Tangent. В останньому випадку буде відсутній зв'язок з кінцевими точками ліній, тобто при зміні радіуса заокруглення постійним буде центр кола і станеться розрив між відрізками і дугою. Останнє значення радіуса є поточним для

побудови нової дуги або кола (рис.2.7).

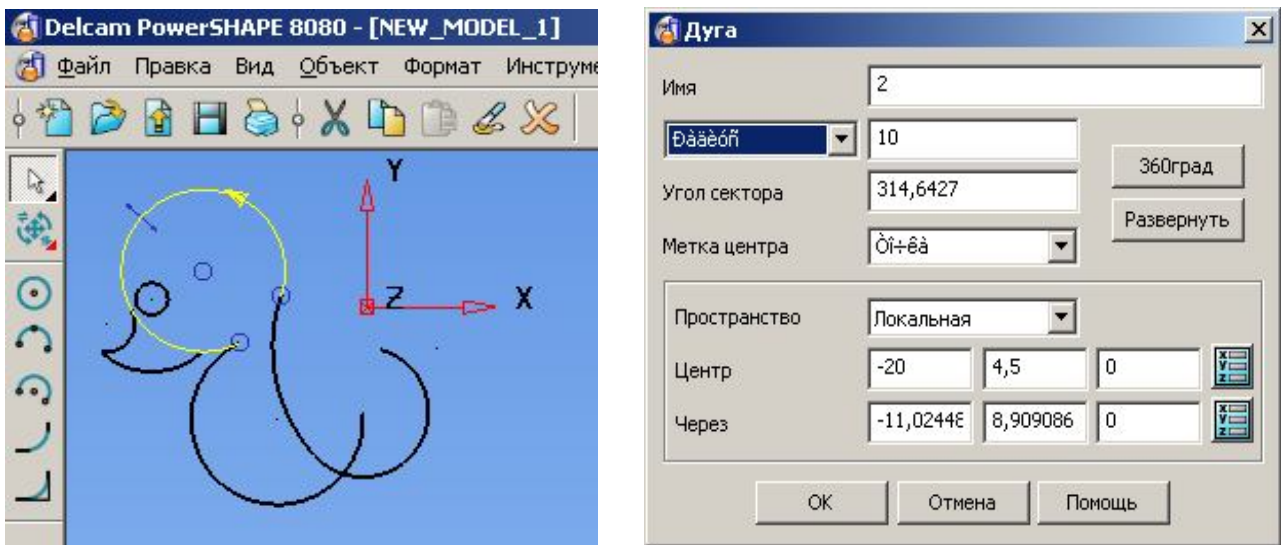


Рис. 2.8 Вікно редагування параметрів дуги.

2.2 Редагування примітивів

Для графічного редагування ліній необхідно виділити лінію, підвести курсор до базової точки, натиснути ліву кнопку миші і перемістити в потрібне положення.

Для точного редагування - викликати діалогове вікно (Меню *Змінити* → команда *Змінити* або через контекстне меню або подвійне клацання на лінії) і ввести нові параметри (рис. 2.9).

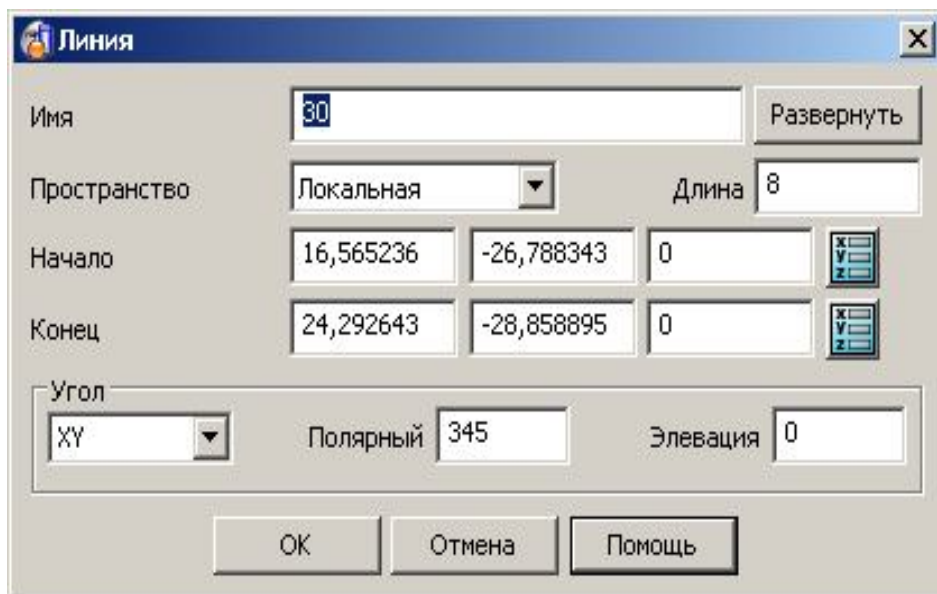


Рис. 2.9 Діалогова панель Лінія

Ім'я - містить ім'я лінії, яке можна змінити.

Простір - це список дозволяє вибрати робочий простір (глобальне, локальне або відносне) для редагування лінії.

Початок - дозволяє редагувати координати початкової точки лінії.

Кінець - дозволяє редагувати координати кінцевої точки лінії.

Довжина - дозволяє редагувати довжину лінії.

Розгорнути - змінює напрямок лінії на зворотне.

Кут - дозволяє змінювати породжують кути нахилу лінії щодо активної площини.

Малюнок нижче пояснює вимір елевації (2.10).

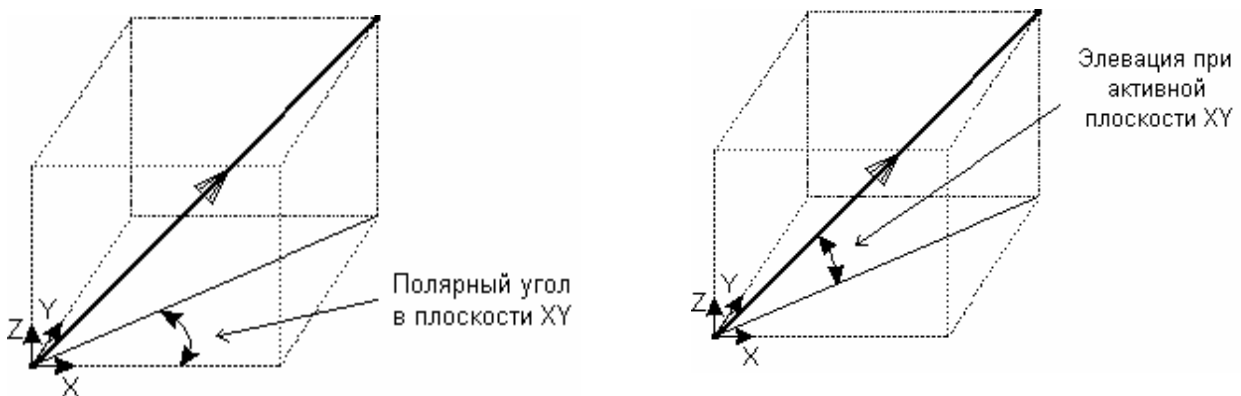
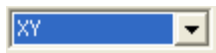


Рис. 2.10 Задання полярного куту та елевації



- перемикає активну площину.

Полярний - задає кут між проекцією лінії на активну площину і віссю цієї площини. Якщо активною є площину XY, то кут змінюється від осі X (від Y для YZ і від Z для ZX). Малюнок нижче пояснює вимір полярного кута.

Елевація - задає кут між лінією і її проекцією на активну площину.

Редагування параметрів *Дуги / Кола* - виконується аналогічно лінії.



3. Редагування базових графічних об'єктів

3.1 Створення контура

Контур - безперервна крива, що складається з декількох об'єктів, таких як лінія, дуга, сплайн, краю поверхонь або інші контури. Щоб створити контур:

1. Створіть об'єкти, з яких (або частин яких) буде створений контур.

2. З меню *Об'єкт* виберіть пункт *Крива*, а потім *Контур*. На екрані з'явиться діалогова панель *Створити контур*.

Це еквівалентно натискання кнопки *Крива*  на панелі інструментів і вибору з меню-перемикача пункту *Створити контур* .



1. Натисніть по одному з об'єктів. PowerSHAPE автоматично почне додавати об'єкти до контуру.

2. Використовуйте діалогову панель для вибору потрібного шляху.

Кнопки діалогової панелі:



- Скинути: відмовляється від поточного вибору і дозволяє створити контур заново.



- Початок: встановлює маркер початку контуру. Дивіться "Використання маркерів початку і кінця".



- Швидко назад: відкочується шлях до попереднього розгалуження або до початку (якщо не було розгалужень).



- Відкат: виключає останній елемент.



- Вперед: крок до наступного розгалуження.



- Швидко вперед: автоматичний пошук шляху до мітки кінця контуру або останнього елемента. Яким чином PowerSHAPE поводить при пошуку шляху, задає кнопка Опції.



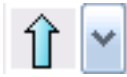
- Кінець: встановлює маркер кінця контуру. Дивіться "Використання маркерів початку і кінця".



- Розгорнути: змінює напрямок пошуку на зворотне.



- Зберегти: зберігає обраний шлях як контур.



- Направлення на розгалуженні: задає напрямок руху на розгалуженнях в режимі швидкого пошуку.



- Опції: викликає сторінку Контурів діалогової панелі Параметри.



- Закрити: прибирає панель з екрану

Примітка. Контур завжди може бути розбитий на складові його об'єкти командою *Правка - Конвертувати - в криві* або викликати контекстне меню для контуру і вибрати команду *Розбити*.

Контур можна створити і іншими методами:

У режимі вибору об'єктів натисніть клавішу *Alt* і клацніть по об'єкту.

Автоматично буде створений безперервний контур. В цьому режимі шлях веде будь-яким з'єднуються або пересічних кривих будь-якого типу (лінії, дуги, сплайни, кордони і внутрішні криві поверхонь, інші контури) і створює з них єдиний контур.

3.2 Редагування контуру

PowerSHAPE використовує єдині методи для редагування сплайнів, контурів і кривих, що утворюють поверхні.

Для цього виконайте подвійне клацання мишкою на контурі. З'явиться Панель інструментів *Редагування кривих*. Або виберіть контур, потім меню *Правка - команда Змінити*. Команди цієї панелі інструментів також доступні через меню *Правка - Редагування кривих*.

Натиск правою кнопкою миші над кривою призведе до появи спливаючого меню, що містить доступні опції редагування.

Для редагування розмірів контуру необхідно на Панелі *Редагування кривих* натиснути кнопку *Увімкнути активні розміри*. Базові розміри будуть проставлені на кривих контуру. Для редагування необхідно виконати подвійне клацання на значенні розміру. З'явиться діалогове вікно, в якому вказується новий розмір. Для проставлення додаткових розмірів необхідно включити кнопку на панелі - *Створити розмір вручну*.

Вправа (рис. 3.1).

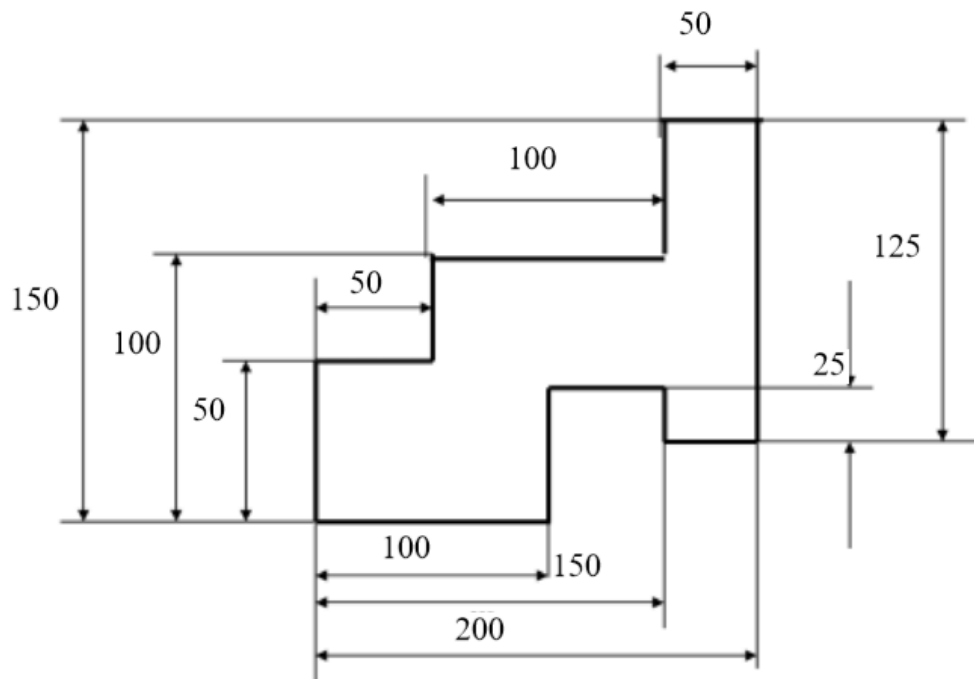


Рис. 3.1 Приклад побудови контуру

- 1 Створити контур
- 2 Змінити розміри значенням 100 на 110
- 3 Змінити розміри значенням 50 на 60

4. Загальне редагування об'єктів

4.1 Обмеження, розрізання та переміщення об'єктів

Відкриття *Панелі редагування*:

Меню *Правка* → *Панель Загального редагування*



Панель інструментів . Панель редагування.

Панель редагування включає команди для редагування каркасних об'єктів, поверхонь, а також для трансформації, переміщення, повороту, копіювання і т.п. всіх видів об'єктів (рис. 4.1) .

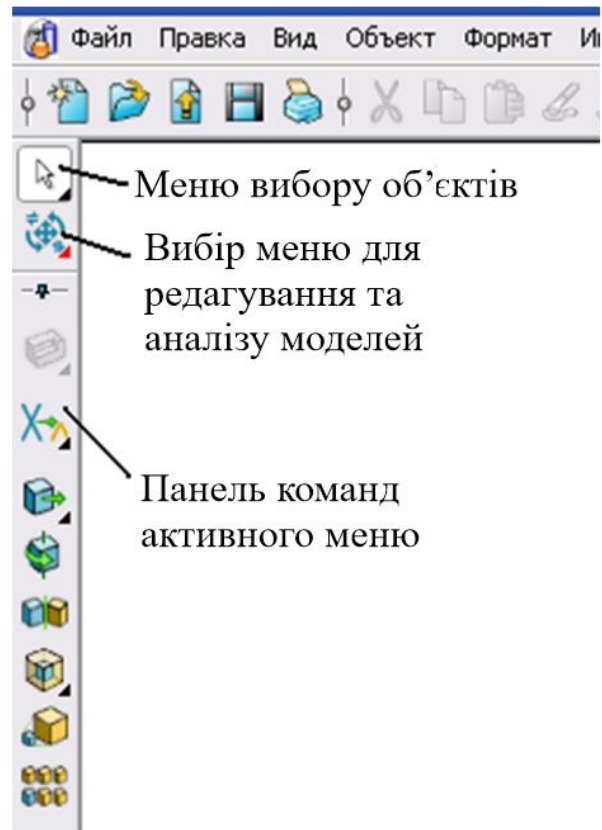
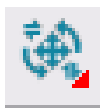


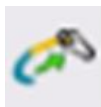
Рис.4.1 Панель редагування



- Команди для редагування каркасних геометричних об'єктів та поверхонь



- Обмежити об'єктом



- Обмежити до точки



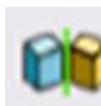
- Розрізати






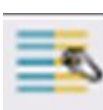


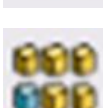

- Обмежити до перетину



- Перемістити / Копіювати об'єкт



- Відобразити / Створити симетричний об'єкт

-  - Повернути об'єкт
-  - Еквідистанта
-  - Масштабування
-  - Розтягнути об'єкт
-  - Проектувати на площину
-  - Проектувати на поверхню
-  - Створення масиву
-  - Вставка кривої

Обмежити об'єктом



Обмежує або подовжує обрані об'єкти *Об'єктом*, що обмежує:


- каркасний об'єкт каркасним об'єктом
- поверхню поверхнею
- поверхню каркасних об'єктом
- об'єкти площиною

Обмежуючий об'єкт використовується для обмеження (продовження або вкорочення) інших об'єктів.



Виберіть обмежуючий об'єкт перед вибором команди *Обмежити об'єктом*. Якщо обмежуючий об'єкт не був обраний перед запуском команди *Обмежити об'єктом*, виберіть його негайно після запуску цієї команди. Після виконання обмеження, що обмежує об'єкт перестає бути таким (якщо він не фіксований).


Щоб використовувати один і той же обмежує об'єкт кілька разів, натисніть

заблокувати .

Якщо необхідно змінити об'єкт, що обмежує, натисніть ту ж кнопку, щоб

звільнитися від нього. .

Щоб скасувати вибір поточного об'єкта необхідно або клацнувши по галочці відразу за написом *Граничний об'єкт*, або клацнувши у вільному місці

графічного вікна. Виберіть новий обмежує об'єкт. .

Тимчасовий контур може бути створений за допомогою кнопки *Створити контур* на панелі інструментів редагування. Цей контур автоматично стає обмежуючим об'єктом і видаляється відразу після виконання обмеження (рис. 4.2).



Рис. 4.2 Приклад обмеження об'єкту

1. Побудуйте дугу і лінію.

2. Виберіть команду *Обмежити об'єктом*, виділіть об'єкт, що обмежує. Якщо необхідно зберегти копію об'єкта, що обмежує, натисніть кнопку *Зробити*

копію. .

3. Оберить каркасні об'єкти, які необхідно обмежити.

Обмеження каркасного об'єкта каркасних об'єктом.

Вибрані об'єкти автоматично обмежуються. Від того, де були обрані об'єкти, залежить, як вони будуть обмежені.

Ви можете обмежити відразу кілька каркасних об'єктів, вибравши їх рамкою. (4.3)

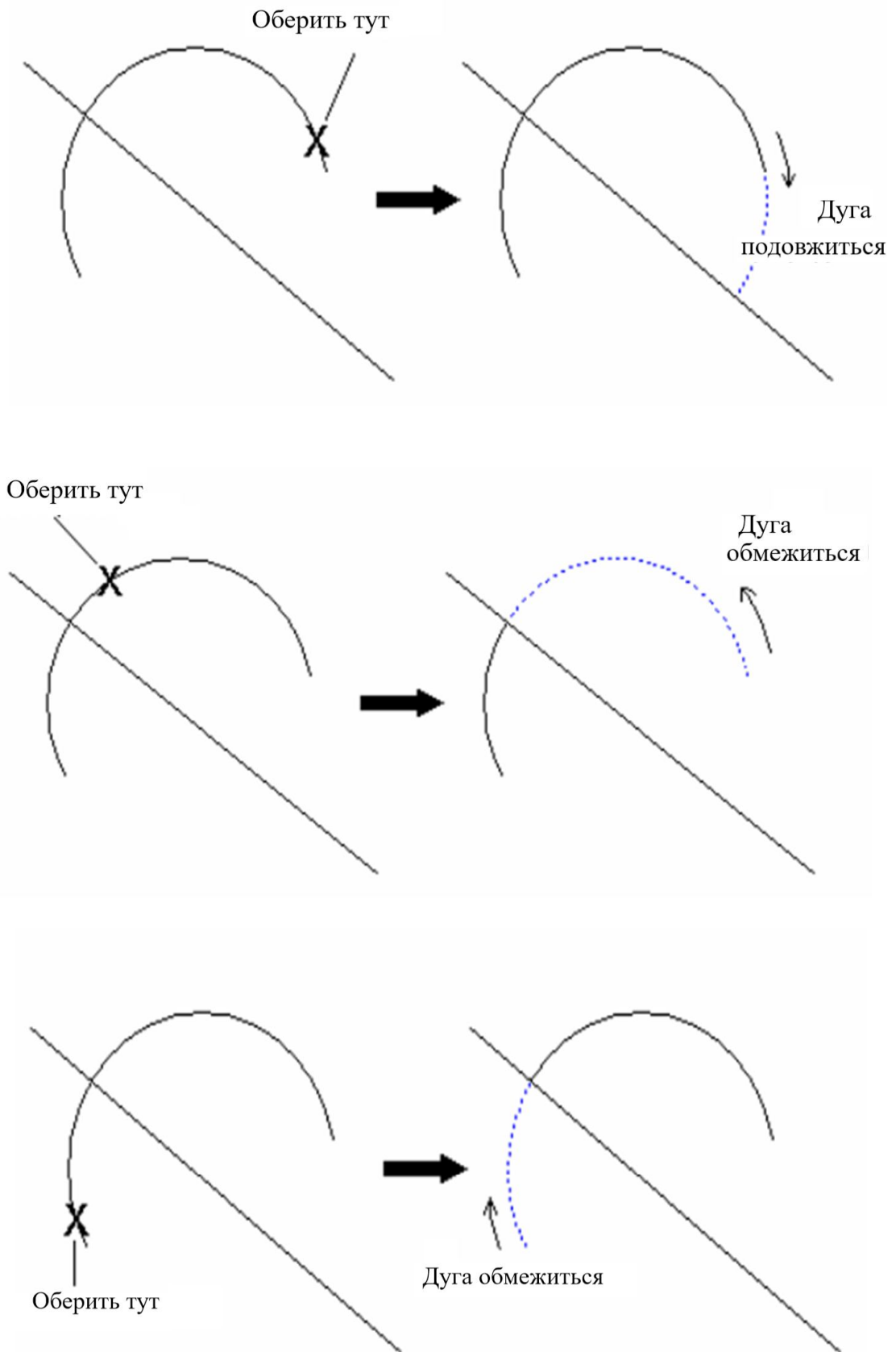



Рис. 4.3 Приклади обмеження об'єктів

При натиснутій кнопці *Обмежити обидва*  при обмеженні лінії лінією обмежуються обидві лінії.



Інші можливості цієї команди будуть розглядатися при побудові і редагуванні поверхонь.


Залишити обидві частини  - при обмеженні об'єкта, обмежена частина не видаляється.



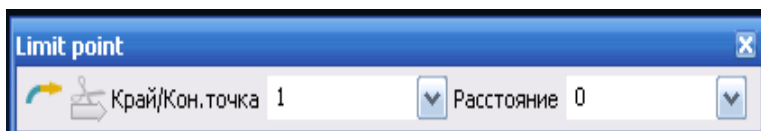
Опції команди:

- без проектування,
- з проектуванням уздовж активної осі,
- з проектуванням уздовж нормалі,
- обмежити криві поверхнею.

Перші три опції визначають спосіб проектування обмежує об'єкта на обмежуваний. Остання опція призначена для обмеження кривих поверхнею.

Обмежити до точки 

Обмежує або продовжує об'єкт до заданої точки.



Є два способи роботи з командою:


- Використовувати панель з введенням відстані продовження або обрізки об'єкта;
- Використовувати курсор.

При виборі команди на редагованому об'єкті з'явиться мітка, що показує

точку або сторону для продовження або обрізки. Якщо ввести відстань, у відповідному рядку панелі, що з'явилася команди, то довжина об'єкта зміниться на вказану відстань. Якщо необхідно змінити положення іншої точки або краю поверхні, необхідно вибрати зі списку «*Край / Кінцева точка*» необхідну точку або сторону.


При використанні динамічного курсора досить підвести курсор до редагованому краю, натиснути ліву кнопку миші і потягнути на необхідну відстань, відпустити клавішу.

При роботі з поверхнею необхідно вибрати крайню криву до вибору команди. Або 'потягніть' за край об'єкта, або вкажіть точку на об'єкті (або творчу криву для поверхні) до якої слід обмежити обраний об'єкт. Якщо 'потягнути' край об'єкта, він буде продовжений або обрізаний до точки, в якій буде відпущена кнопка миші.

За замовчуванням, об'єкти подовжуються лінійно. Для радіального продовження об'єктів необхідно натиснути кнопку *Тип екстраполяції* ,

щоб змінити її вигляд на .

Натискання кнопки *Інше рішення* перебирає всі можливі варіанти обмеження об'єкта.

Розрізати . Ця команда допомагає розрізати на частини каркасні об'єкти:

- *Розрізати об'єкт у зазначеній точці*
- *Розрізати об'єкт на задану кількість рівних частин*
- *Вирізати частину об'єкта*

Обмежити до перетину . Ця команда використовується для видалення частини об'єкта простим клацанням миші.

Видаляється зазначена частина каркасного об'єкта до найближчої точки його перетину з іншим каркасним об'єктом.

Приклад. Побудувати модель шахматної фігури.

Послідовність побудови.

1 Створити систему координат 1 (0 0 0)

2 Зробити активною площину XZ

3 Включити вид спереду (-Y)

4 Вибрати команду «Одиночна лінія».

Пропонований варіант побудови:

5 Побудувати відрізок з координатами (0 0) (24 0)

6 Викликати діалогову панель *Редагування*, вибрати команду *Перемістити / Копіювати об'єкт*. Включити кнопку *Зробити копію*.

7 Послідовно ввести координати нового положення відрізків, створюючи допоміжну мережу горизонтальних ліній: (0 0 5) (0 0 12) (0 0 6) (0 0 2) (0 0 13) (0 0 2) (Див. Ескіз) .

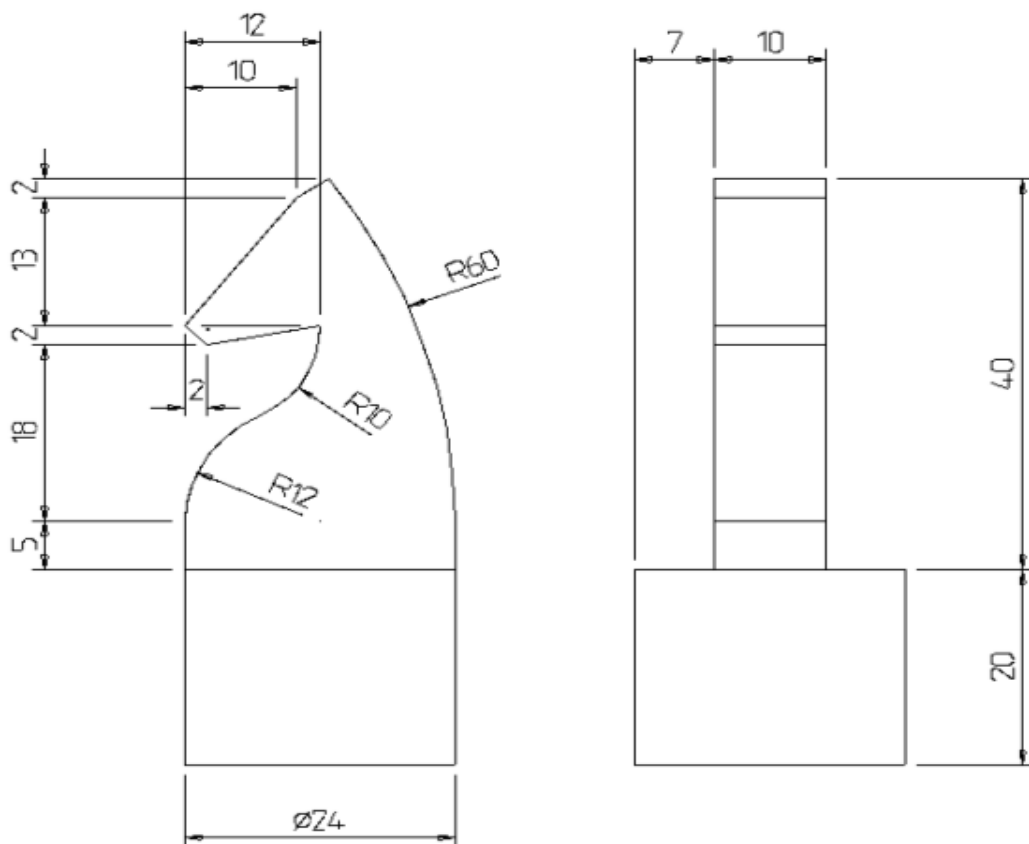
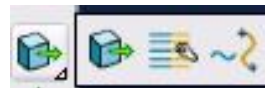


Рис. 4.4 Ескіз моделі для побудови

Операції з базовими графічними об'єктами

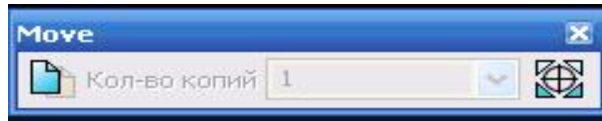


Меню містить команди:

- *Перемістити / копіювати об'єкт*;
- *Розтягнути об'єкт*;
- *Вписати криву*



Перемістити. Ця команда переміщає або копіює вибрані об'єкти на заданій відстані.



При виборі команди в графічному вікні відобразиться *Базова точка*.

Для виконання команди Перемістити необхідно:

- задати курсором нове положення базової точки, в яку необхідно перемістити об'єкт (або)

- ввести значення координати для нового положення базової точки.

Якщо необхідно змінити положення базової точки, то можна використовувати два способи:

- *перетягнути маркер* базової точки мишею або



- натиснути на кнопку *Змінити базову точку* і поставити нову точку.

Якщо Ви хочете перемістити копію об'єкта, натисніть кнопку *Зробити копію*. В поле *Кількість копій* введіть значення.

Задайте точку, в яку Ви хочете перемістити об'єкт.



Розтягнути об'єкт.

Ця команда дозволяє розтягнути каркасні об'єкти. Щоб розтягнути каркасний об'єкт необхідно:

- Вибрати рамкою точки об'єктів (всі точки, що потрапили в рамку будуть переміщатися);

- Задати нове положення для базової точки об'єктів.

Точки, які використовуються при розтягуванні кожного типу об'єктів, наведені нижче.

Лінія - початкова і кінцева точки.

Дуга - початкова і кінцева точки.

Сплайн і контур - всі крапки, що потрапили в рамку.



Вписати криву.

Команда призначена для розміщення кривої між двома точками на одному або на різних об'єктах. Крива копіюється з обраного об'єкта.

Зауваження: Для копіювання можна використовувати будь-яку незамкнуту

криву або лінію.

Для роботи з командою необхідно:

Вибрати криву, яку необхідно вставити між двома точками.

Вибрати команду Вставити криву.

З'явиться діалогове вікно і на обраній кривій відобразяться дві точки. (рис. 4.5).

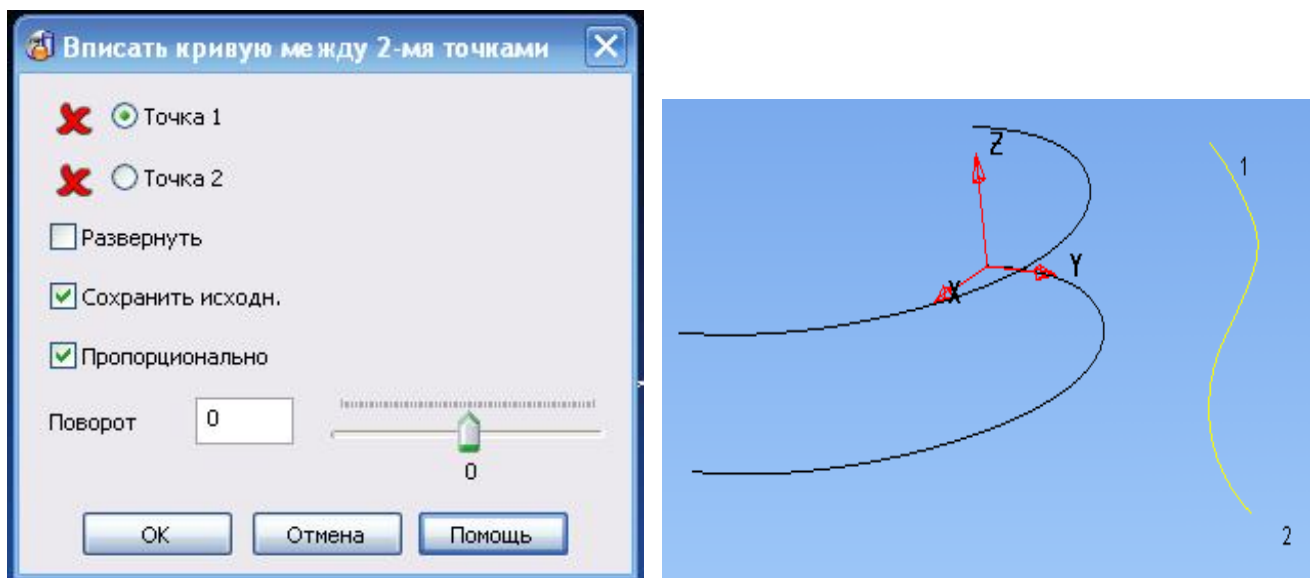


Рис. 4.5 Приклад вписування кривої

Необхідно вказати дві точки між якими буде вставлена крива. Для цього, наприклад, вказати точку на верхній кривій, потім в діалоговому вікні встановити перемикач на точку 2 і вказати другу точку на нижній кривій. З'явиться пунктирна крива між зазначеними точками на кривих. У діалоговому вікні, використовуючи опції, визначити остаточну геометрію кривої (рис. 4.6).

Опції діалогового вікна:

- *Розгорнути* - звернути напрямок нової кривої.
- *Зберегти вихідну* - не видаляти вихідну криву.
- *Пропорційно* - нова крива масштабується пропорційно (зберігається відношення ширини до висоти).
- *Поворот* - кут повороту нової кривої. Крива обертається між двома заданими точками.
- *Прийняти* - створити нову криву із заданими опціями.

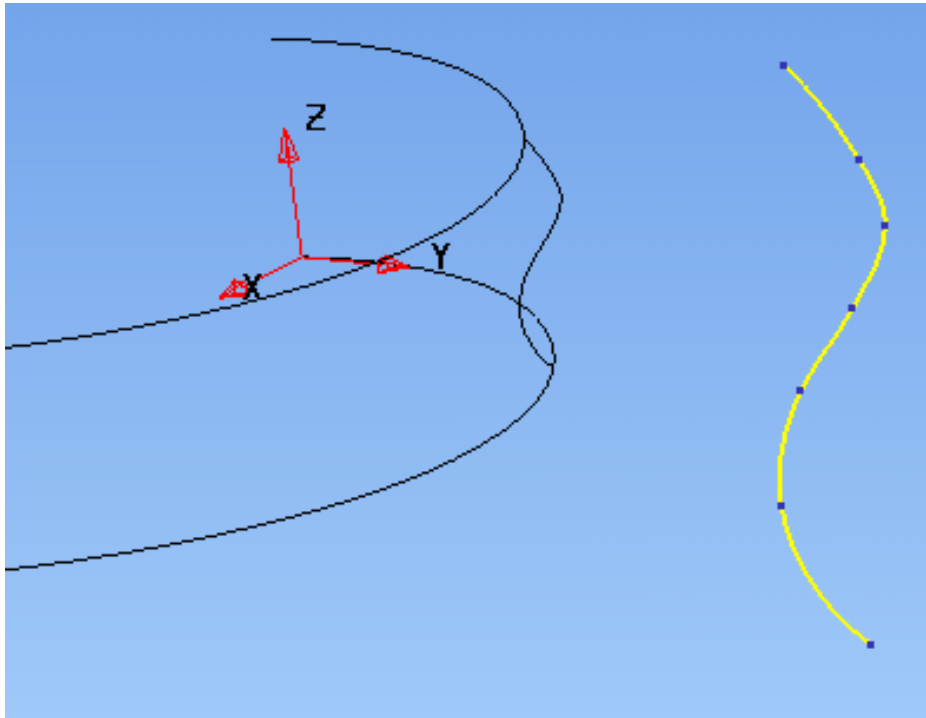

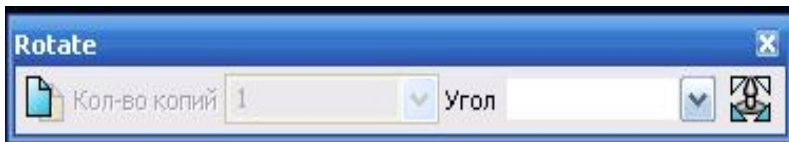


Рис. 4.6 Результат вставки кривої

Повернути  Дозволяє повернути вибрані об'єкти на заданий кут навколо осі, перпендикулярної активної площини.



Наприклад, якщо активною є площина YZ , об'єкти обертаються навколо осі X . Центр обертання можна змінити за допомогою опції «Змінити центр обертання» на панелі інструментів команди.

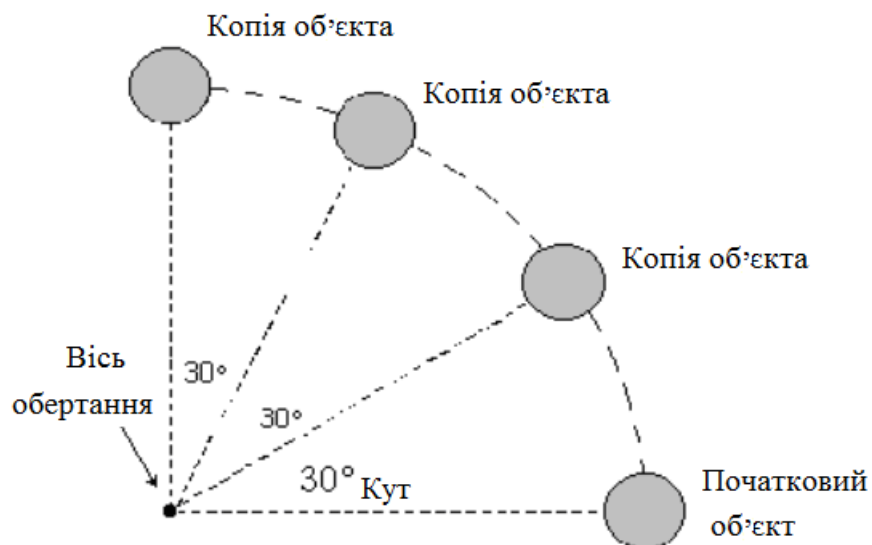
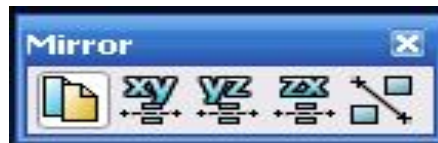


Рис. 4.7 Приклад обертання об'єктів

Можна повернути сам об'єкт або створити одну або кілька копій. На рис. 4.7 наведений приклад, в якому три копії об'єкта були повернені на 30 градусів кожна.

4.2 Поняття відображення об'єкту, його масштабування та створення еквідістанти

Відобразити.  Ця команда відображає або створює симетричні об'єкти.



Існує чотири методи встановлення площини відображення:

- Відносно лінії існуючої в моделі
- Динамічно паралельно площинам XY, YZ і ZX
- Відносно тимчасової лінії
- Відносно площин поточної системи координат

Відображення відносно лінії. Виберіть об'єкти, що відображаються. (рис. 4.8,4.9)

Наприклад, відобразити замкнутий контур щодо лінії, показаної нижче.

- Виберіть команду. Курсор перетвориться в люстерко.

За замовчуванням кнопка *Зробити копію* - натиснута. Якщо віджати цю кнопку, буде дзеркально відображений сам об'єкт, а не його копія.

- Виберіть лінію. Об'єкти будуть відображені щодо цієї лінії.



Рис. 4.8 Відображення замкнутого контуру

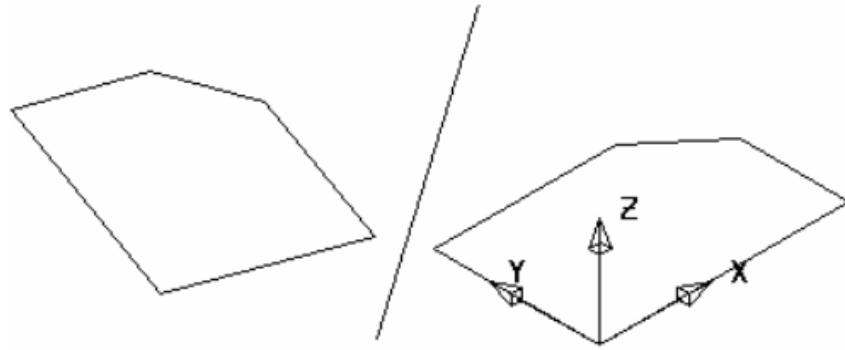


Рис. 4.9 Відображення відносно лінії

Відображення перетягуванням вибраних об'єктів

Ви можете динамічно відображати об'єкти відносно площини, паралельної площинам XY , YZ або ZX .

Виберіть об'єкти, що відображаються. Виберіть команду. Перетягніть вибрані об'єкти перпендикулярно передбачуваної площині відображення.

Якщо перетягнути об'єкти вздовж вісі X , отримаємо (рис. 4.10):

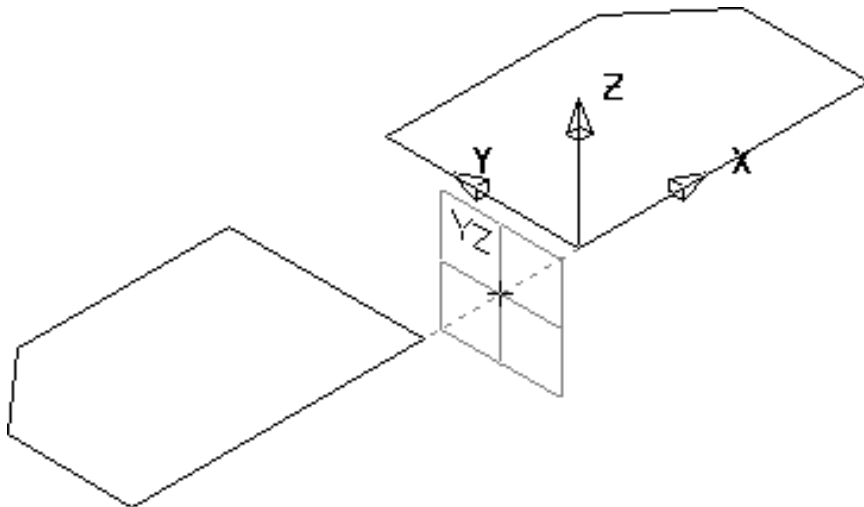


Рис. 4.10 Відображення об'єктів

У процесі руху курсору з'являється зображення площині відображення з нанесеними на неї буквами. Вони показують, який з площин системи координат вона паралельна. Відображаються об'єкти слідує за рухом курсору.

У нашому прикладі об'єкт перетягується уздовж осі Y , що призводить до появи площині відображення, паралельній площині ZX (Рис. 4.11)

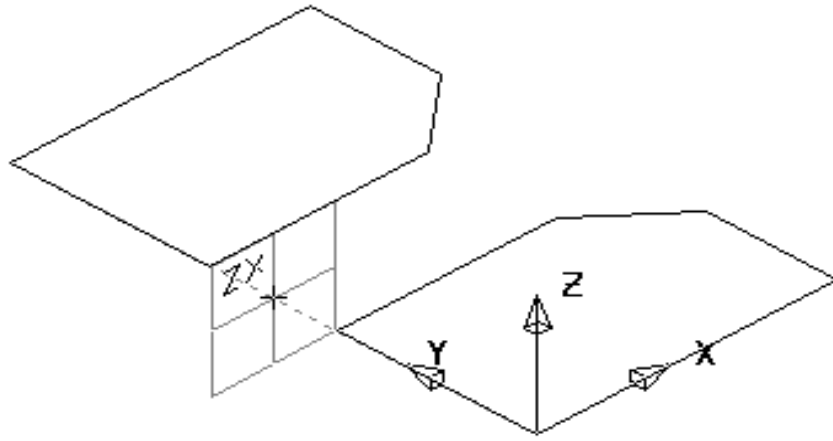


Рис. 4.11 Відображення об'єкту уздовж вісі Y

Якщо перетягнути об'єкти вздовж вісі X, отримаємо наступне (рис. 4.12)

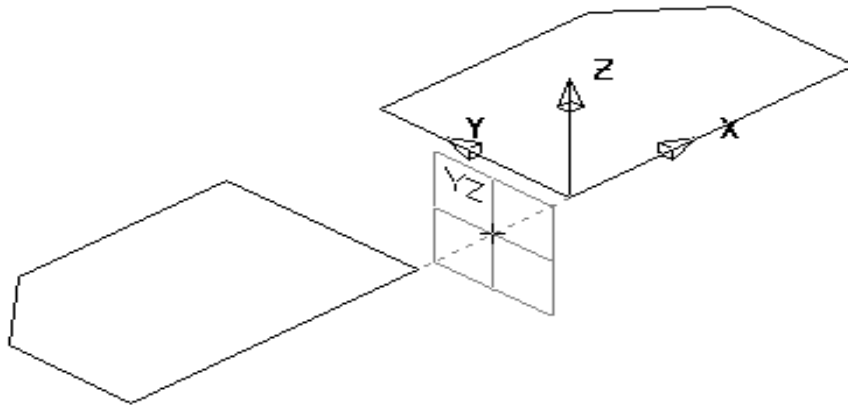


Рис. 4.11 Відображення об'єкту уздовж вісі X

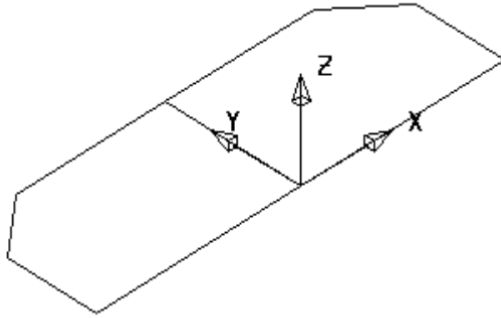
При ізометричному зображенні моделі можна відображати щодо всіх трьох площин. Якщо працювати в 2D проекції, доступними будуть тільки дві з них. Коли влаштує вас результат досягнутий, відпустіть кнопку миші.

Відображення щодо тимчасової лінії. Ви можете задати площину відображення, створивши тимчасову лінію. Лінія завжди створюється на активній площині.



Відображення щодо площин. Для відображення виберіть на панелі інструментів редагування одну з кнопок XY, YZ, ZX. Вибрані об'єкти позначаються щодо зазначеної площині. Приклад, для наших об'єктів наведено на рис. 4.12 (а,б).

Вибір кнопки YZ



Вибір ZX

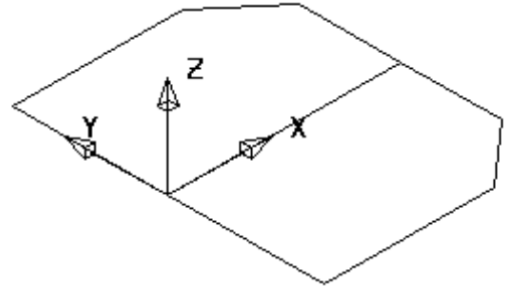


Рис. 4.12 Відображення об'єктів відносно вказаної площини

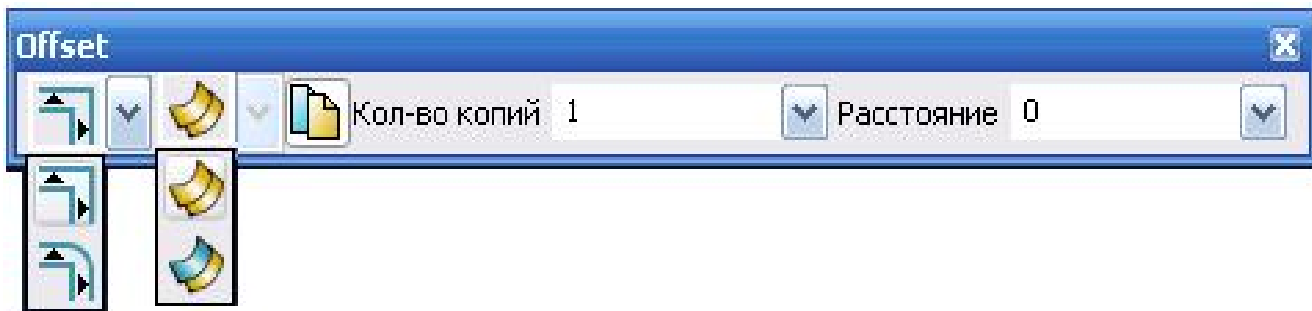
Еквідистанта.





Ця команда створює об'єкти, еквідистантно обраним



У вікнісписку знаходяться команди для побудови еквідистанти різними способами.



Засоби побудови:

- *залишити переломи*  - коли будується еквідистанта, будь-які кути в зміщаються об'єктах ігноруються;
- *скруглити кути*  - коли будується еквідистанта, будь-які кути в зміщаються об'єктах скругляються;

Ці способи мають силу в тому випадку, якщо при використанні каркасних об'єктів, об'єкти об'єднані в контур; якщо при використанні поверхонь - це єдина поверхню (рис. 4.13).

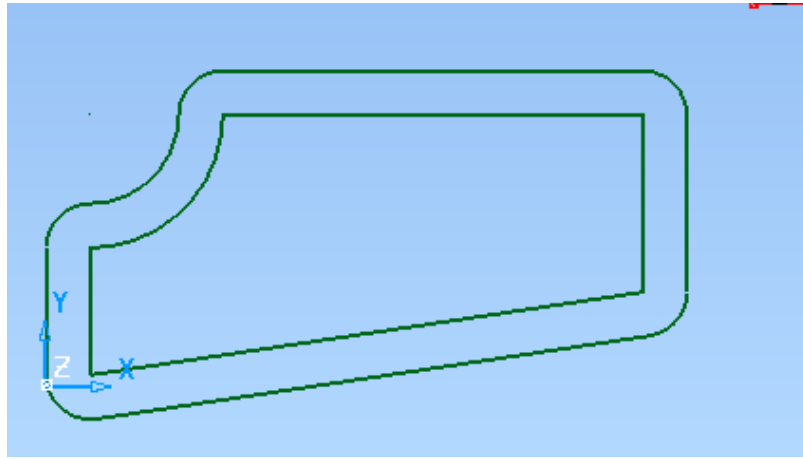




Рис. 4.13 Побудова еквідистанти


Меню стає активним, коли обрана поверхня:


- *Завжди створювати еквідистанту поверхні.*  Поверхні з розривами залишатимуться поверхнями в процесі зсуву.

- *Розбити поверхню в місцях розриву.*  Зміщується поверхню буде твердим тілом, навіть якщо спочатку вона була поверхнею.

При виклику команди на об'єкті з'являється стрілка, яка вказує напрямок побудови. Якщо необхідно побудувати еквідистанту в протилежному напрямку, клацніть по стрілці або введіть від'ємне значення в полі *Відстань*.

Остання команда в меню "*Змінне зміщення*" дозволяє еквідистантно змістити: для одиночної поверхні - чотири точки, для кривої - необхідні точки кривої.

Для змінного зміщення поверхні  необхідно ввести в діалоговому вікні "*Змінне зміщення*" значення для чотирьох точок на зовнішньому кордоні поверхні; для зміщення кривої - ввести значення для тих точок, які повинні бути зміщені і задати напрямок дотичних векторів (Опція "*Звільнити дотичні*").

Масштабування.  (рис. 4.14). Ця панель інструментів містить такі методи масштабування.

- *Пропорційне*
- *Не пропорційне*
- *В заданий об'єм*
- *Динамічне масштабування*

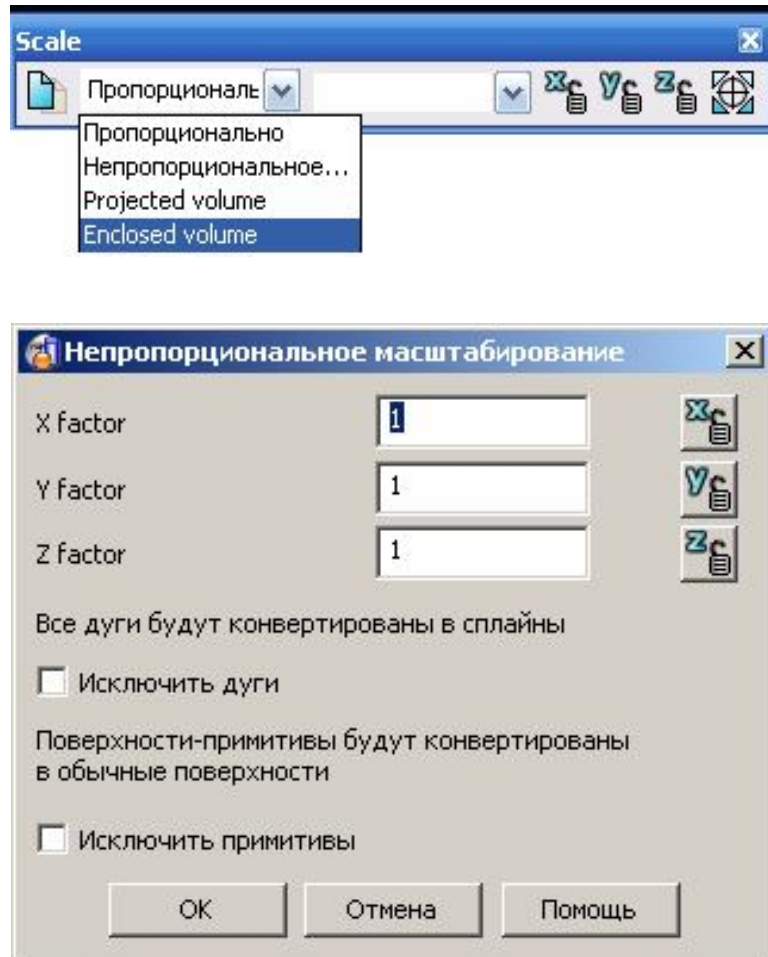



Рис.4.14 Вікно масштабування

Масштабування в об'єм.  Цей метод дозволяє масштабувати поверхні таким чином, щоб вони мали заданий об'єм.

Після вибору об'єктів в текстовому полі на панелі інструментів редагування з'явиться поточний об'єм обраних об'єктів. Задайте нове значення і натисніть Enter або просто виведіть курсор з поля.

Тіла та поверхні-примітиви будуть конвертовані в звичайні тіла і поверхні.

При обчисленні об'єму з відкритою поверхнею система проектує поверхні на активну площину, а потім обчислює об'єм отриманої області:

1) Уздовж активної осі перпендикулярно активній площині обчислюється об'єм між зовнішньою частиною поверхні і активної площиною (Об'єм А).

2) Уздовж активної осі перпендикулярно активній площині, обчислюється об'єм між внутрішньою частиною поверхні і активної площиною (Об'єм В).

3) з Об'єму А віднімають Об'єм В (рис. 4.15).

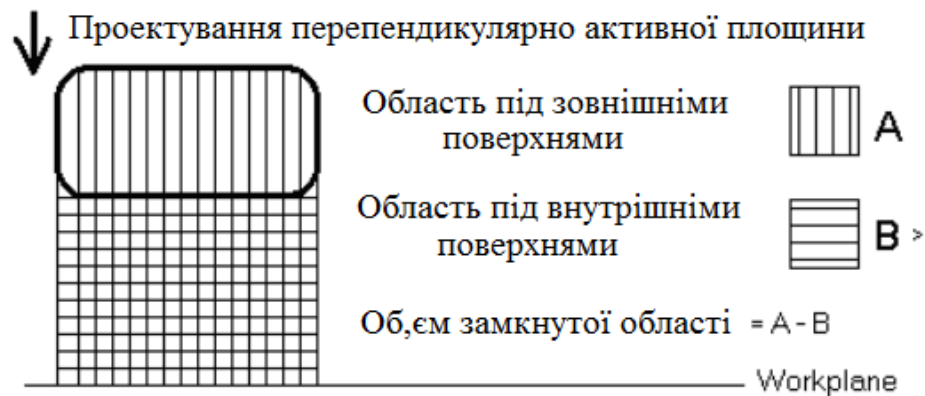


Рис. 4.15 Обчислення об'єму

Для відкритої поверхні обсяг не однозначний і залежить від того, яким чином поверхню орієнтована щодо активної площини (Рис. 4.16).



Рис. 4.16 Невірне розташування пляшки при обчисленні об'єму

Розглянемо обчислення обсягу на прикладі пляшки. Якщо пляшка стоїть вертикально над активною площиною, то обсяг під зовнішньою частиною пляшки не врахує область під відкритим шийкою. Тому, отриманий в результаті віднімання обсягу під внутрішніми поверхнями, результуючий обсяг буде не коректним.

Якщо покласти пляшку на бік, відкрите горлечко вже не вноситиме спотворень в обчислення обсягу тому, що при погляді зверху воно вироджується в

лінію. При такій орієнтації пляшки обсяг буде вираховано вірно (Рис. 4.17).



Рис. 4.17 Вірне розташування пляшки при обчисленні об'єму

Треба бути обережним при обчисленні обсягу складних поверхонь, які не мають плоскою відкритої області. По можливості, замикати поверхні перед обчисленням обсягу або розташовувати їх відносно активної площини так, щоб відкриті ділянки не вносили похибки в вимірювання (4.18).

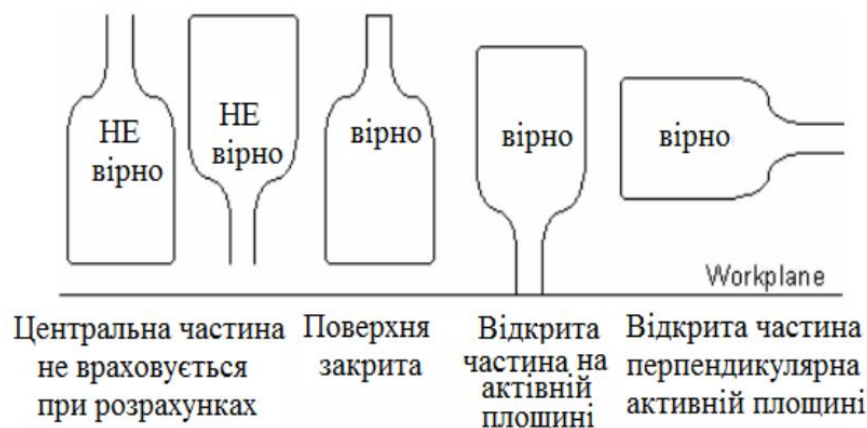



Рис.4.18 Розташування при обчисленні обсягу

Для замкнутої поверхні немає ніякої двозначності. Це дійсно реальний обсяг поверхні.

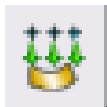
Розтягнути об'єкт.  Ця команда дозволяє розтягнути каркасні об'єкти. Щоб розтягнути каркасний об'єкт: Виберіть рамкою точки об'єктів. Всі точки, що потрапили в рамку переміщуються при розтягуванні. Точки, які використовуються при розтягуванні кожного типу об'єктів, наведені нижче.

Лінія - початкова і кінцева точки. Дуга - початкова і кінцева точки. Сплайн і контур - всі крапки.

4.3 Створення проєкції та масиву об'єктів



Проектувати на площину. Проектує об'єкти на задану площину



Проектувати на поверхню. Проектує вибрані точки на обрану поверхню



Створення масиву. Створення масивів елементів декількох форм: прямокутник, стільники, окружність і задана крива (рис. 4.19).

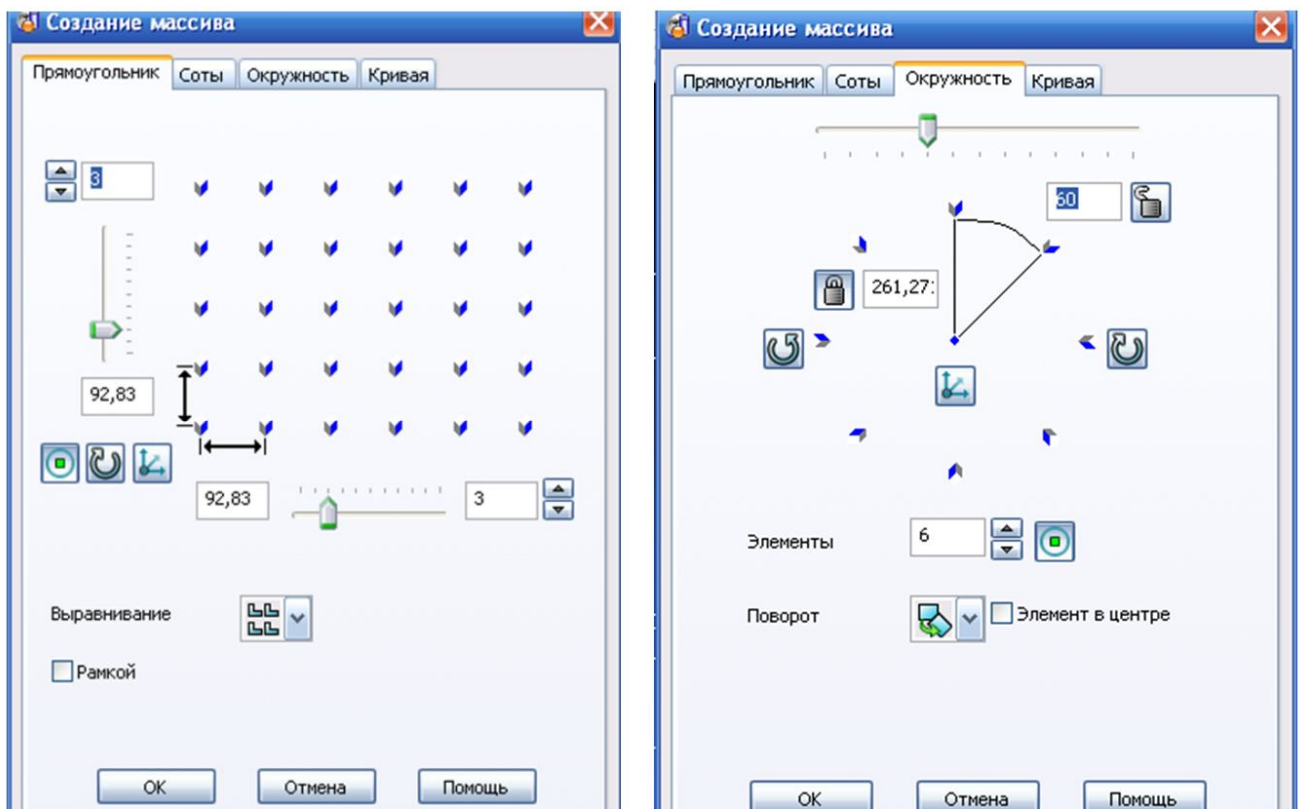


Рис. 4.19 Створення масиву

Можливо створення масиву вздовж заданої кривої (рис. 4.20.)

Виконати побудову контурів для створення поверхневої моделі телефонної трубки. Побудови, які необхідно виконати показані на рис. 4.21, 4.22

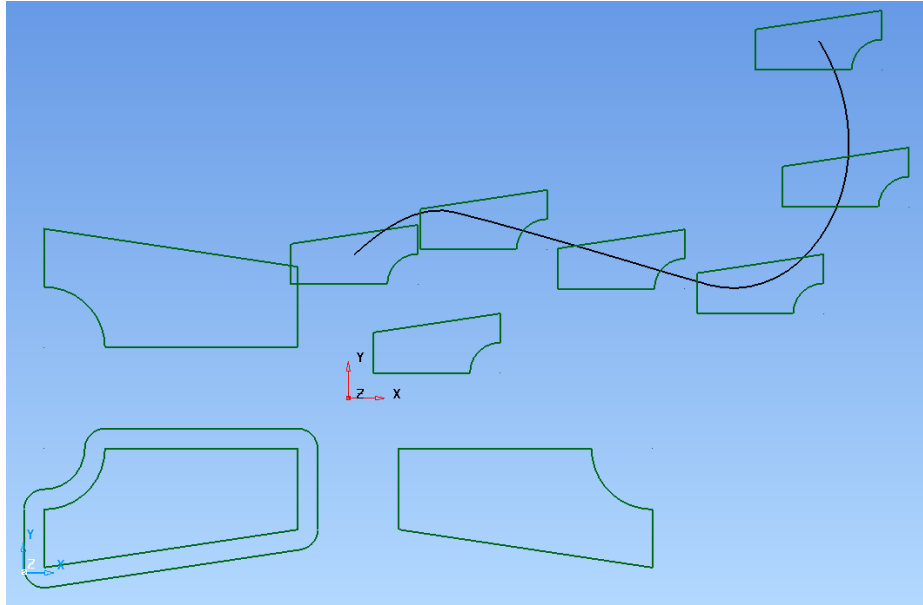


Рис. 4.20 Приклад створення еквідістанти та масиву

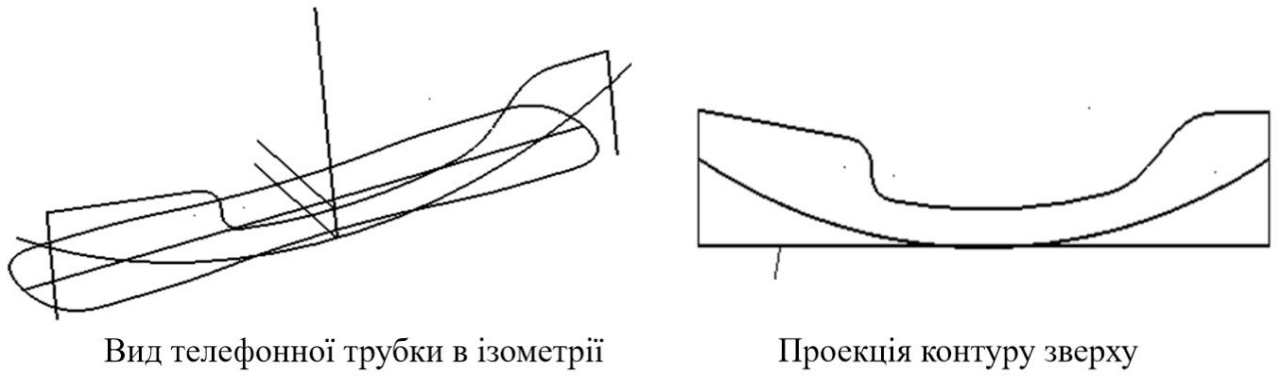


Рис. 4.21 Послідовність побудови моделі

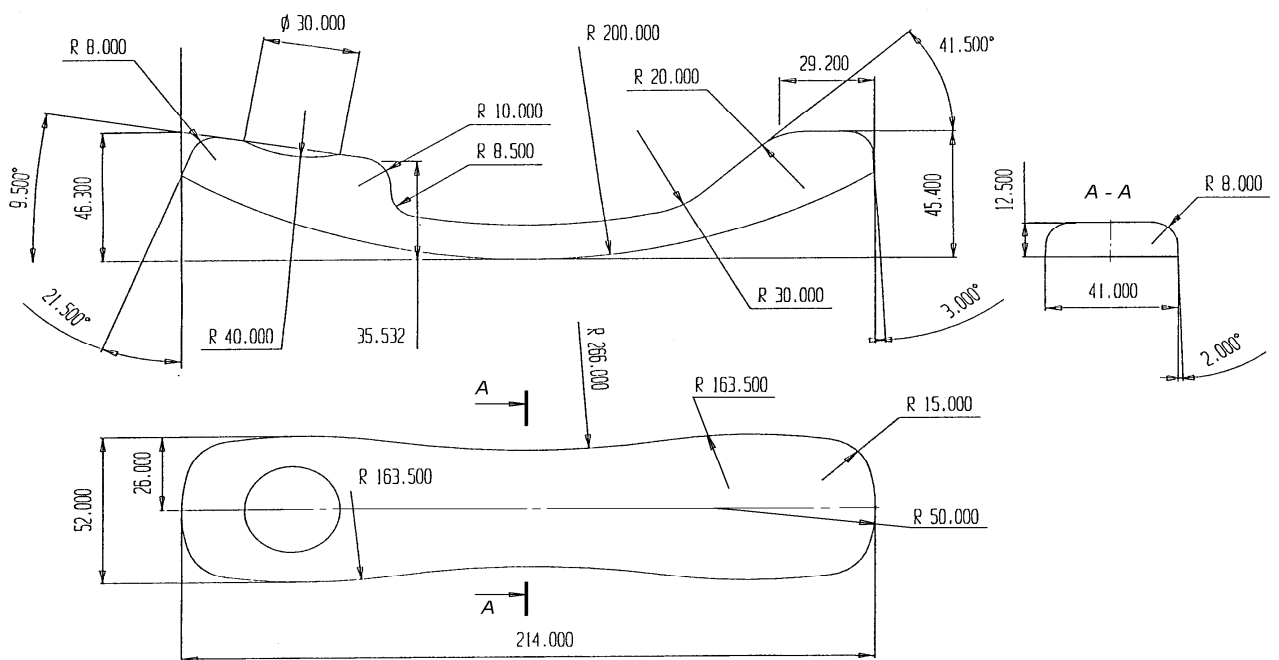


Рис. 4.22 Ескіз телефонної трубки з розмірами

5. Криві. Побудова і редагування кривих

5.1 Побудова кривих



- Створити сплайн



- Створити криву з прив'язкою до сітки



- Створити скруглення по радіусу



- Створити скруглення з обрізанням



- Створити спіраль



- Створити сплайн Скруглення



- Створити NURB сплайн



- Створити G2-сплайн



- Створити контур



- Створити лінію роз'єму



- Створити перетин



- Лінія перетину



- Проектування



- Накладення кривих



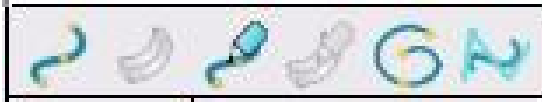
- Розгортка кривих

Крива - це шлях, що з'єднує кілька точок.

Типи кривих в PowerSHAPE:

- *криві Безьє* - параметричні кубічні сплайни (команда *Сплайн*),
- *NURB сплайни*,
- *G2-сплайни*

Меню Створити сплайн:



Створити сплайн;

Створити сплайн з прив'язкою;

Ескізна Безьє крива;

Створити G2-сплайн;

Створити NURB-сплайн

Уявлення кривих Безьє.

Положення кривої між двома точками кривої задається двома контрольними точками C_0 і C_1 , які разом з опорними точками P_0 і P_1 (точками, через які проходить крива) утворюють дотичні вектори $C_0 P_0$ і $C_1 P_1$. (рис. 5.1)

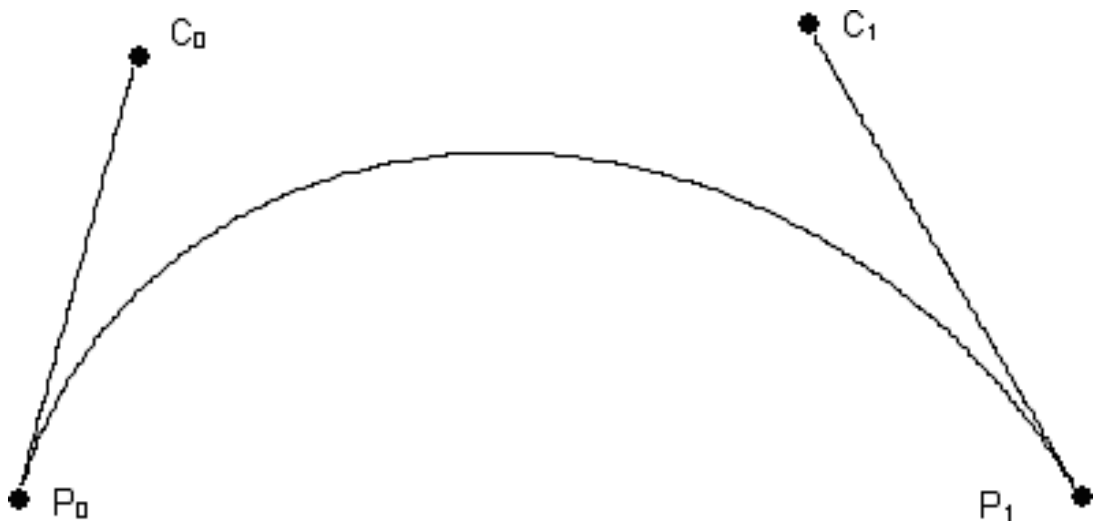


Рис. 5.1 Зміна напрямку точок

Ці контрольні точки також визначають напрямок дотичних і довжину дотичних в кінцевих точках (P_0 і P_1). Змінюючи напрямки і довжини дотичних векторів, можна повністю контролювати форму кривої, включаючи переломи в точках кривої. Кожна точка кривої має дві контрольні точки: одна визначає поведінку кривої до точки, друга - поведінка кривої після точки (рис. 5.2).



Рис. 5.2 Контрольні точки кривої

Відповідно кожна точка кривої має два дотичних напрямки: одне визначає поведінку кривої до точки, друге - після точки. Дотичне напрямок ДО точки завжди направлено до точки, а дотичне напрямком ПІСЛЯ точки завжди направлено від точки. Дотичні вектора до і після точок можуть бути задані або звільнені (щоб створити «криву з мінімальними напругами»). Якщо дотичний напрямок ДО є рівним дотичному напрямку ПІСЛЯ, то в опорній точці перегину не буде.

Побудова NURB-сплайна і редагування

Побудова NURB-сплайна в системі PowerSHAPE спрощено, тобто не вимагає вказівки ступеня поверхні, ваги точок. Для побудови NURB-сплайна необхідно вибрати команду і ввести точки. Побудована крива буде проходити через зазначені точки. Після побудови кривої, якщо виділити криву, буде відображатися ламана крива з маркерами, за допомогою яких можна редагувати криву (рис. 5.3).

Після побудови кривої, якщо її виділити, буде відображатися ламана крива з маркерами, за допомогою яких можна редагувати криву.

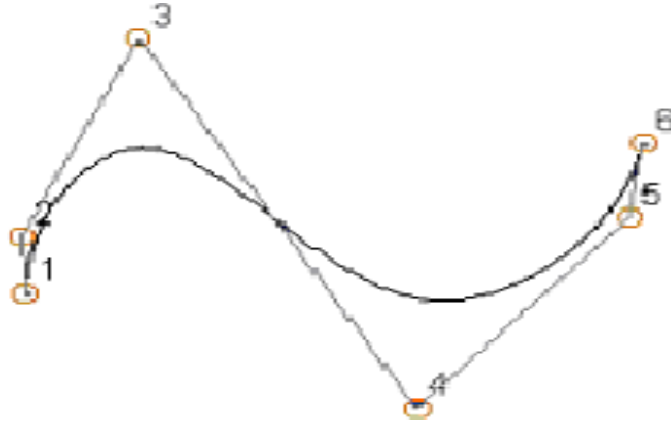



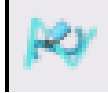
Рис. 5.3 Побудова NURB - сплайна

На панелі *Редагування кривих* для редагування NURB - сплайна повинна

бути включена кнопка  редагувати як Безьє або NURB. В такому випадку доступні наступні команди:

- *вибрати точки*
- *ім'я кривої*
- *нумерація точок*
- *розгорнути криву*
- *додати точку*
- *конвертувати в сплайн*

Якщо натиснути на піктограму кнопки, то замість неї з'явиться інша

піктограма.  В цьому випадку стають доступними всі команди для редагування кривої Безьє, і крива NURB при редагуванні автоматично перетворюється в криву Безьє.

Побудова G2-сплайна і редагування 

Побудова G2-сплайна аналогічно побудові кривої Безьє. Крива G2 має більш плавний перехід кривизни і відповідно епюру кривизни. Для редагування кривої необхідно натиснути піктограму на панелі *Редагування кривої*.

З'явиться діалогове вікно *G2- Редагування кривої* (рис. 5.4).

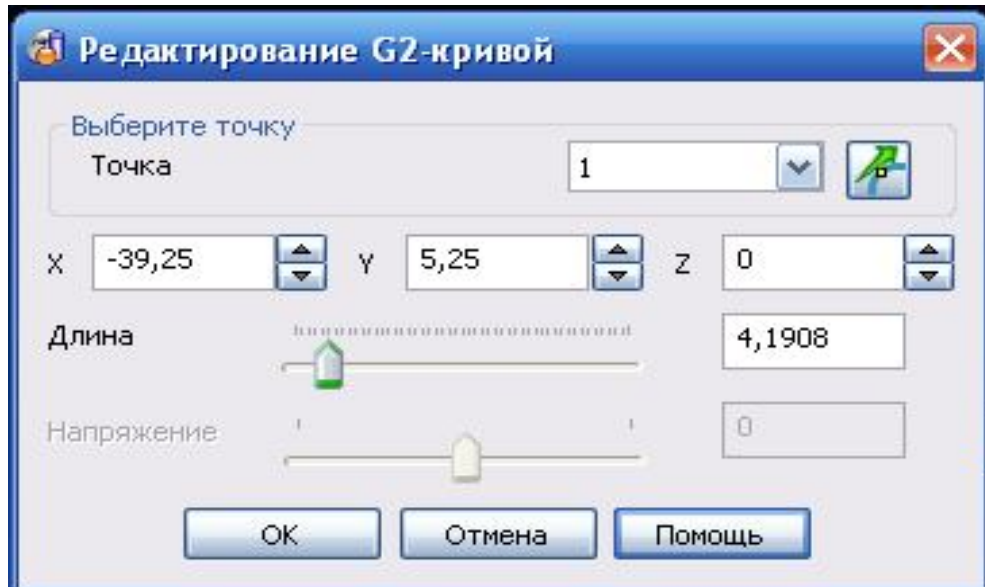


Рис. 5.4 Діалогове вікно *G2- Редагування кривої*.

Для редагування необхідно вибрати точку на кривій.

Опції редагування:

- зміна положення точки по координатах X Y Z;
- установка точного напрямку дотичної;
- визначення напрямку кривої в певній точці;
- регулювання напруги в точці.

Якщо зробити редагування кривої без використання діалогового вікна, крива автоматично втрачає властивості G2-кривої і перетворюється в криву Безьє.

5.2 Редагування кривих Безьє

Графічне редагування кривих. Передбачено графічне редагування кривих і за допомогою команд на панелі інструментів Редагування кривих.

Переміщення точки - виділити точку на кривій, натиснути ліву кнопку миші і, не відпускаючи її, перемістити точку в потрібне положення. Також можна з клавіатури ввести відносне переміщення по осях XYZ.

Додавання нових точок - виділити точку на кривій, натиснути клавішу Ctrl і ліву кнопку миші і, не відпускаючи її, перемістити точку по кривій.

Зміна дотичних векторів з будь-якого боку точки.

Виділити точку на кривій. З'явиться маркер. Маркери контрольних точок одночасно змінюють і дотичні напрямку, і довжини дотичних векторів. При переміщенні цих маркерів розумний курсор підказує довжину дотичного вектора. Щоб змінити тільки довжину дотичного вектора, не змінюючи напрямку, треба

тягнути контрольну точку строго уздовж дотичного вектора, відхиляючись від нього не більше, ніж на 5 градусів. Будь-яке відхилення на більший кут призведе також і до зміни дотичного напрямки. Маркери дотичних векторів складаються з двох частин. Дальня від точки частина маркера змінює тільки дотичне напрямок ДО або ПІСЛЯ точки. Найближча ж до точки частина маркера змінює одночасно обидва дотичних напрямки. Довжини дотичних векторів при цьому не змінюються.

Якщо клацнути по ближньої до крапки частини маркера ДО, то дотичне напрямок ПІСЛЯ буде вирівняно по напрямку ДО. Таким чином, можна згладжувати переломи на кривих і поверхнях.

Графічний вибір точок кривої.

Клацання по точці вибере її, що призведе до появи маркерів точки.


Shift-клік по наступній точці - додасть точку до обраних точках. Ctrl-клацання - звертає вибір, тобто вибір для раніше обраної точки або вибирає які раніше не обрану. Аналогічним чином клавіші Shift і Ctrl діють при виборі точок рамкою. Натискання клавіші Shift при виборі рамкою призведе до додавання до вже обраним точкам всіх точок, що потрапили в рамку.

Одночасне натискання клавіш Ctrl і Shift і вибір точок рамкою видалить точки зі списку обраних об'єктів.

Панель інструментів "Редагування кривих"



Найменування команд для редагування кривих і їх призначення:

Вибрати точки на кривих  - відкриває діалогове вікно, в якому можна вибрати точки по їх номеру, при цьому для додавання точок до обраних, можна використовувати клавіші Ctrl і Shift.

Видалити точку  - видаляє обрані точки на кривих.

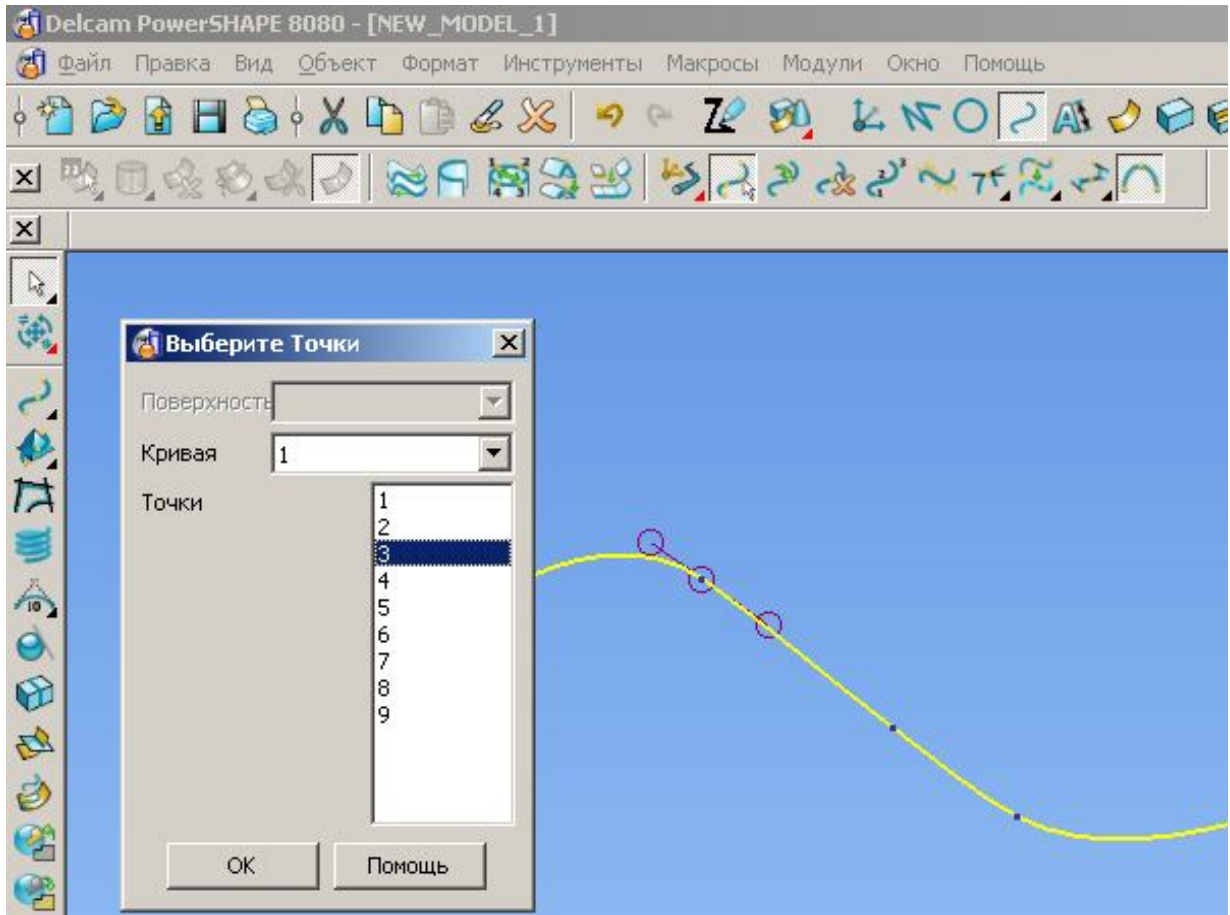



Рис. 5.5 Вікно редагування кривих

Додати точку  - відкриває діалогове вікно, яке дозволяє додати точки наступними способами (рис. 5.5):

- *З відомим параметром* - вводиться значення між номерами точок, приміром, вставити точку рівновіддаленість від другої і третьої точок, вводиться значення - 2,5;
- *Поруч з точкою* - необхідно поставити крапку в просторі);
- *На відстані від точки* - створює нову точку на вказаній відстані від обраної точки вздовж кривої. Якщо на кривій немає обраної точки, використовується точка 1. (рис. 5.6)

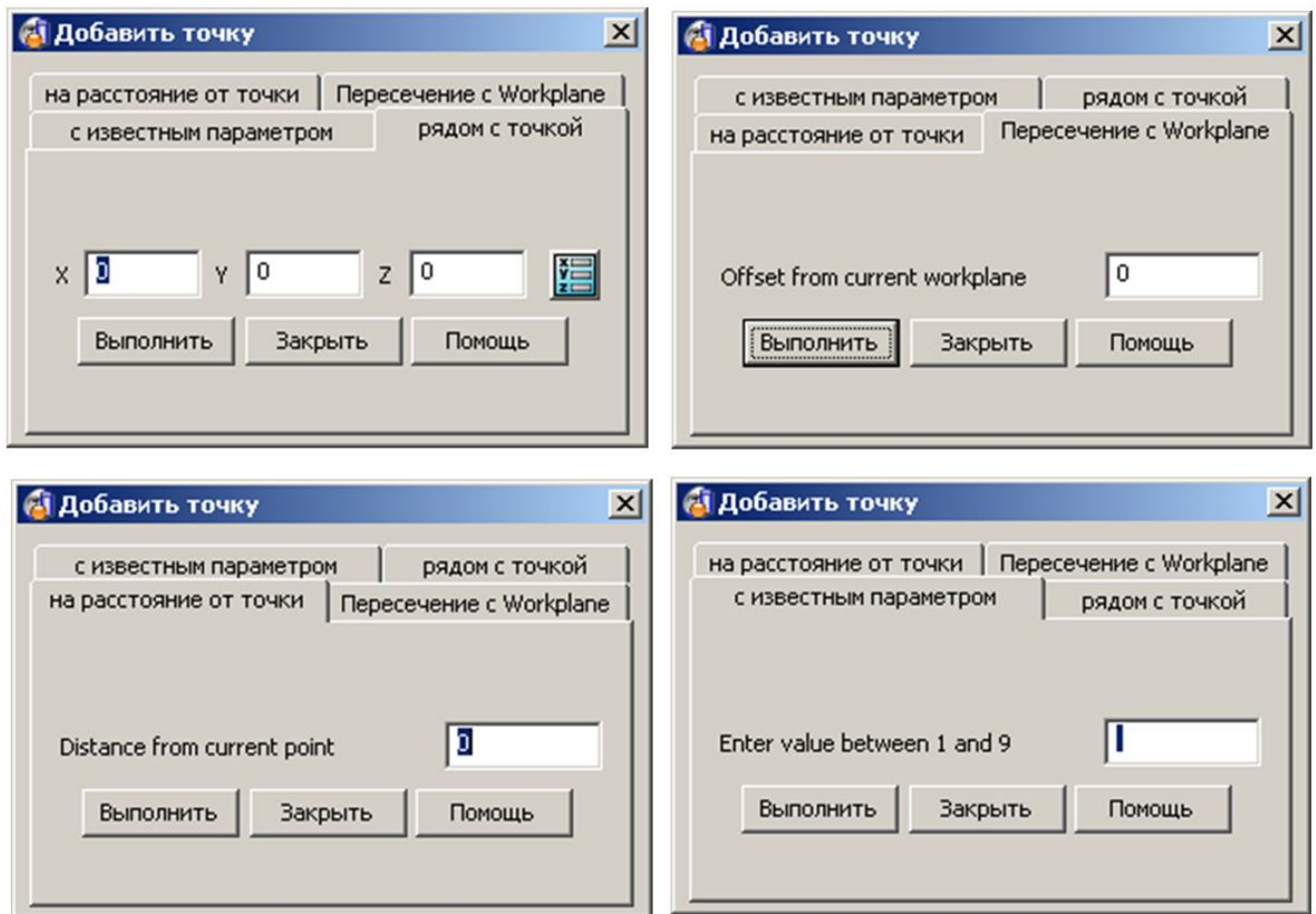


Рис. 5.6 Вікно додавання точки



- *Вмикання / вимикання нумерацію точок* - дозволяє відобразити нумерацію точок кривих



- *Вмикання / вимикання графік кривизни* - дозволяє відобразити епюра кривизни кривих. Епюра кривизни показує кривизну уздовж кривої. На ділянках меншою кривизни епюра коротше, на ділянках більшої кривизни - більше. Епюра кривизни кривих, що утворюють поверхні показує кривизну уздовж кривих по нормалі до поверхні (рис. 5.7).



- *Змінити дотичні вектори* - відкриває діалогове вікно, яке дозволяє змінити дотичні напрямку.

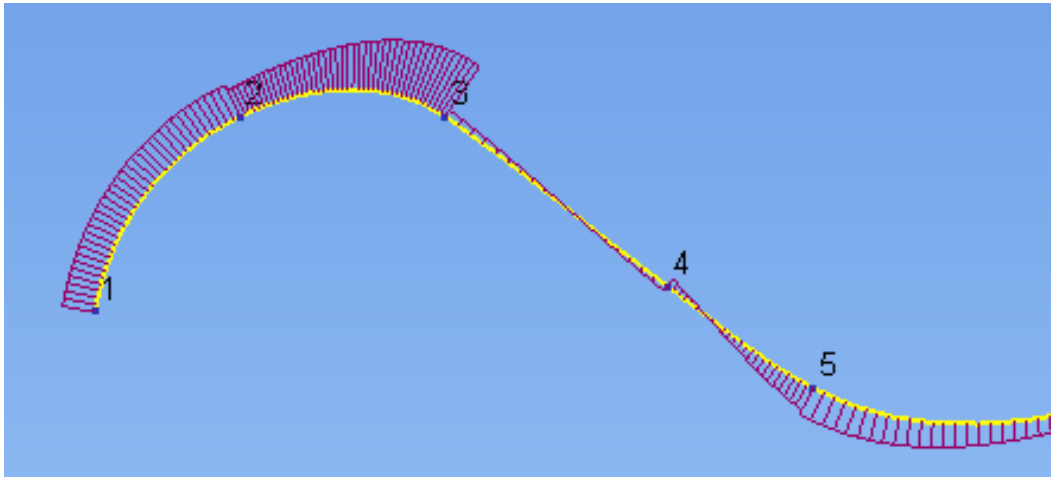


Рис. 5.7 Зміна кривизни та нумерації точок

Елементи діалогового вікна (рис. 5.8):

Дотичні уздовж / поперек кривої - (тільки для поверхонь) дозволяє вибрати, яка пара дотичних векторів буде змінюватися - в поздовжньому або поперечному напрямку поверхні.

Напрямок - використовується для редагування дотичних напрямків.

Для редагування потрібно вибрати один з варіантів:

- До і Після;
- до;
- Після.

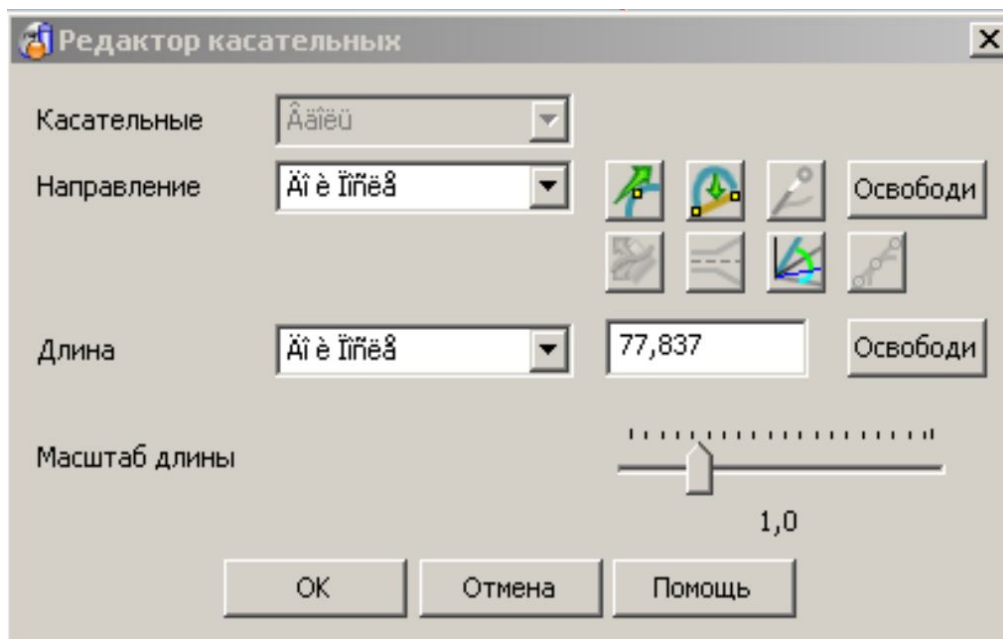


Рис.5.8 Елементи діалогового вікна «зміна дотичних векторів»

Сім кнопок допомагають задати дотичне напрямок:

Напрямок вектора - дозволяє точно задати дотичне напрямок уздовж осей XYZ. Для цього необхідно вказати одиничний вектор.

Спрямити - спрямляє ділянку кривої до або після обраних точок.

Контрольна точка - дозволяє точно задати нове положення контрольної точки, при цьому показує поточні її координати. (Доступна, якщо Напрямок задано як До, або як Після).

Звільнити - звільняє довжину вектора (до і після) і згладжує криву в кожній виділеній точці. Якщо довжина вектора задана, просто перераховується напрямок.



Напрямок нормалі - (тільки для поверхонь) дозволяє точно задати напрямок нормалі площини, в якій будуть лежати всі чотири дотичних вектора точки (рис.5.9).

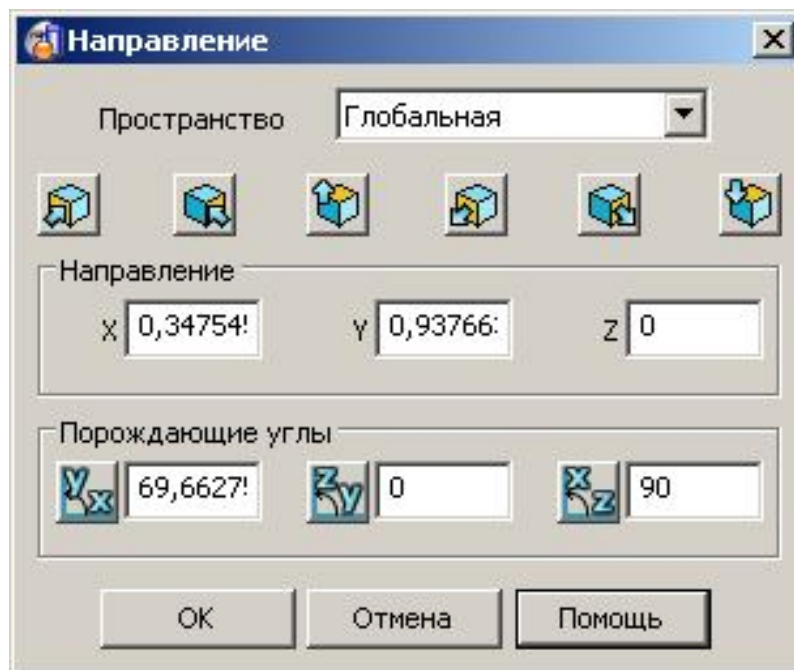


Рис.5.9 Вікно зміни напрямку

Нахил / Поворот - (тільки для лонгітуд / латералів) дозволяє задати кути нахилу і повороту для виділених точок поверхні.

Азимута / елевацією - дозволяє задати кути азимута і елевації.

Довжина - задає довжину дотичного вектора. Для редагування потрібно вибрати один з варіантів: До і Після; до; Після. Значення довжини дотичного

вектора можна задати в текстовому полі.

Звільни - звільняє довжину вектора.

Масштаб довжини - дозволяє масштабувати довжину векторів, переміщаючи бігунок по лінійці.



Точна підгонка - дозволяє точно пересувати точки кривої (рис. 5.10).

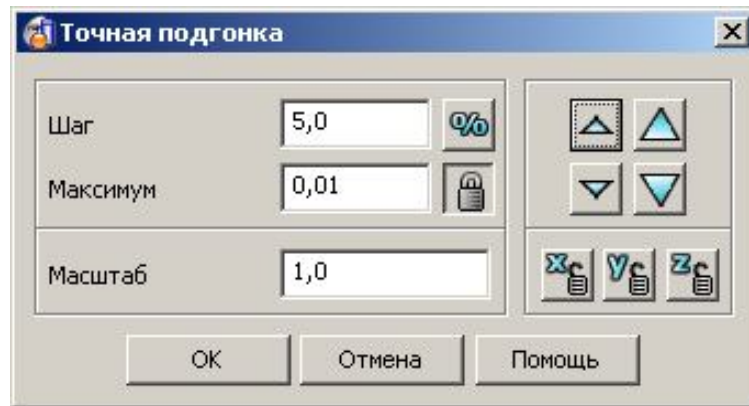


Рис. 5.10 Вікно меню точна підгонка

Ім'я кривої - дозволяє змінити ім'я кривої.



Розгорнути криву - змінює напрямок нумерації точок кривої на зворотне.



Перенумерувати криву - дозволяє зробити першою іншу точку. Для цього необхідно замкнути криву, виділити точку, яка повинна бути першою, і вибрати команду.



Відкрити криву - якщо крива замкнута, дозволяє відкрити криву



Замкнути криву - якщо крива відкрита, дозволяє замкнути криву



Згладити криву - згладжування кривої забезпечує безперервність дотичній в потрібній точці. Положення точки при цьому може змінитися. На не замкнута кривих можна вибирати крайні точки. При виборі команди з'являється діалогове вікно, в якому можна встановити опцію "розташування точки близько до вихідного положення". Якщо цей прапорець встановлений, точки на згладженій кривої розміщуються близько до їх вихідного положення. В іншому

випадку точки розміщуються рівномірно по згладженому ділянці кривої (рис.5.11).

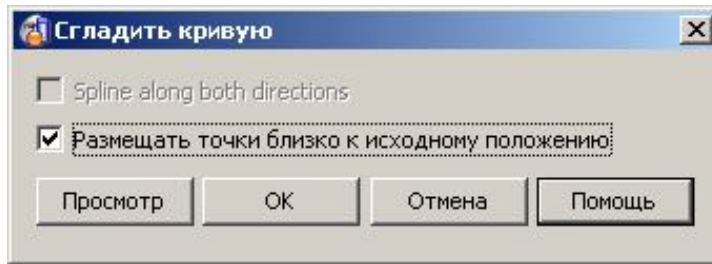
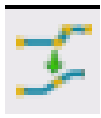


Рис. 5.11 Вікно сглажування кривої



- *Об'єднати і згладити криві* - для контурів ця операція виключає розриви і перевизначає точки в межах точності, яка встановлена в рядку стану. Для кривих - тільки перекриває точки в межах допуску.



- *Апроксимувати дугами* - криві конвертуються в контури і вихідна геометрія контуру містить аппроксимірованими дуги. З'явиться повідомлення про кількість дуг, вписаних в контур. При маленькому значенні точності може бути вписано величезна кількість дуг. Зменшити цю кількість можна, збільшивши значення точності.



- *Змінити кількість точок* - дозволяє змінити кількість точок кривої або ділянки кривої шляхом рівномірного розміщення заданої кількості точок. Для кривої, що утворює поверхню, можна змінити розміщення точок по кривій, але не можна додати нові точки (рис.5.12).

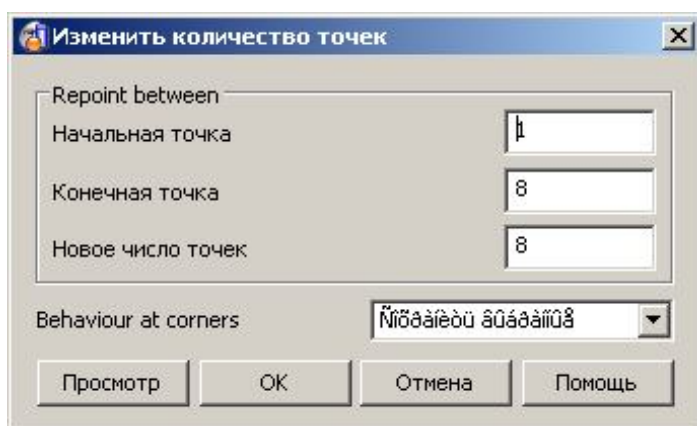


Рис. 5.12 Вікно редагування кількості точок

Додати криву - дозволяє додати будь-каркасний об'єкт до контуру, сплайн до сплайну. Якщо краї додається об'єкта не збігаються, буде додано додатковий сегмент кривої.



- *Редагувати як Безьє або NURB* - перемикає режим редагування кривих.

Точна підгонка - дозволяє точно пересувати точки кривої.

G2-редагування - викликає діалогове вікно для редагування G2-кривої.

Зберігати прямі ділянки - дозволяє зберігати прямі відрізки при редагуванні точки.



- *Згладжувати* - Додаткове згладжування - якщо опція включена, у точок по обидві сторони від редагованої точки (якщо самі вони не редагуються) звільняються дотичні і довжини дотичних, тобто при переміщенні точки зберігається згладжування.



- *Об'єднати криві* - дозволяє додати будь-каркасний об'єкт до контуру, сплайн до сплайну. Якщо краї додається об'єкта не збігаються, буде додано додатковий сегмент кривої (рис. 5.13).

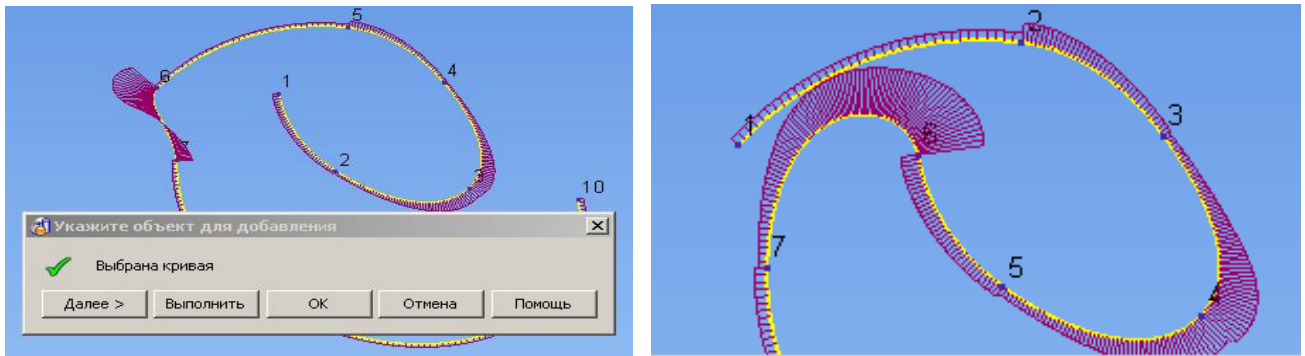


Рис. 5.13 Вікно об'єднання кривих

Вмикання / вимикання Активні розміри - дозволяє відобразити всі активні розміри для обраного контуру. У цьому режимі можна редагувати значення розмірів. Для цього необхідно виконати подвійне клацання по значенню розміру і ввести у вікні нового значення. Контур буде перебудований.

Створити розміри вручну - дозволяє додати розмір до активних розмірами контуру, при цьому буде створено залежний розмір, так як контур вже має всі необхідні розміри.

Решта піктограми призначені для проставляння розмірів вручну і їх редагування.

6. Поверхні. Створення параметризованих поверхонь. Створення поверхонь з мережі кривих

6.1 Загальне поняття поверхні

Поверхню можна уявити як нескінченно тонкий зовнішній шар матеріалу (рис. 6.1).

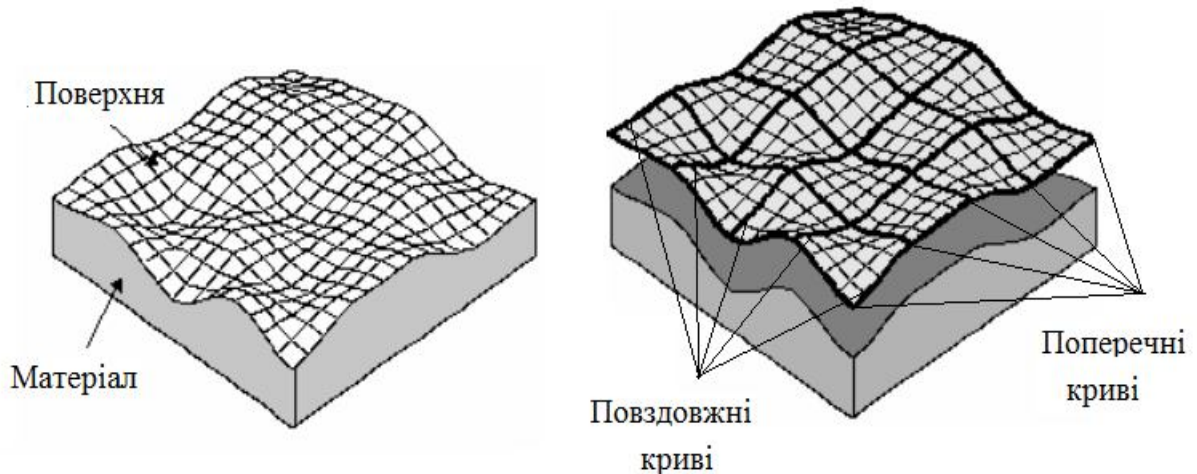


Рис. 6.1 Модель поверхні

Модель поверхні - математичне уявлення поверхні.

Поверхня складається з мережі (або каркаса) кривих: поздовжніх (longitudinal) і поперечних (lateral).

Щоб відредагувати поверхню, необхідно відредагувати криві.

Поряд з поверхнями, створеними з набору кривих, в PowerSHAPE є ряд параметризованих поверхонь:

- *примітиви - площина, блок, сфера, циліндр, конус і тор*
- *поверхня витягування*
- *поверхня обертання*

Для редагування параметризованих поверхонь необхідно змінити їх складові параметри. Наприклад, для циліндра - діаметр циліндра і довжину.

Щоб відредагувати криву параметризовані поверхні, необхідно її конвертувати в звичайну поверхню.

Після конвертації крива перестає бути параметризованих і її не можна повернути в початковий стан.

Для побудови поверхні за допомогою кривих використовується команда

Автоповерхня 

Перед викликом команди необхідно *Вибрати все криві*.

З'явиться Діалогове вікно *Автоповерхня* (6.2). Система виконає розпізнавання *Вихідних даних* і запропонує спосіб побудови поверхні.

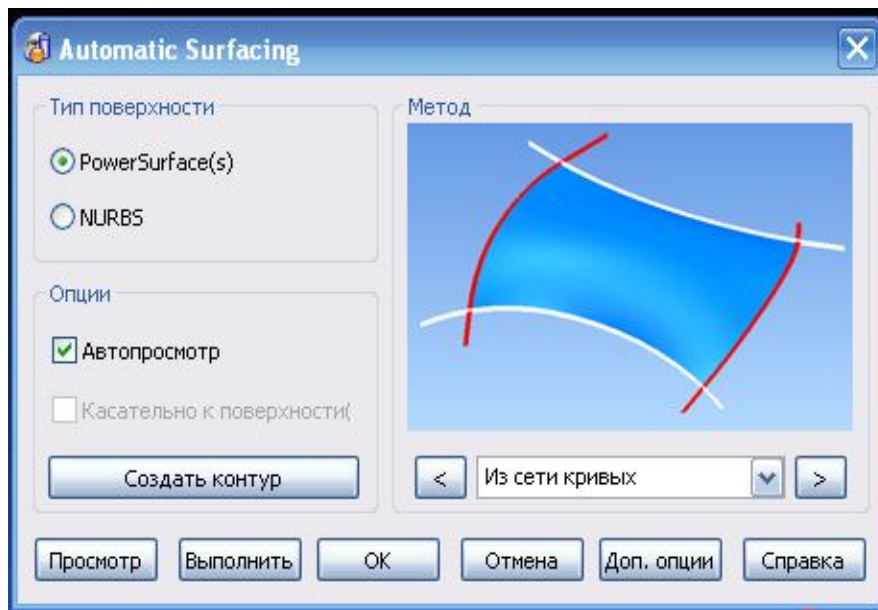


Рис. 6.2 Створення автоповерхні

Всі доступні варіанти побудови можна подивитися в списку або за допомогою стрілок ліворуч і праворуч. Всі способи побудови поверхонь мають додаткові опції, які можна змінити в цьому ж вікні за допомогою команди

 *Доп. опции*

. Результат побудови можна побачити за допомогою команди

 *Просмотр*

. Опція *Автоперегляд* - за замовчуванням увімкнено.

6.2 Створення параметризованих поверхонь

При натисканні піктограми *Поверхня*  з'являється *меню команд* для побудови поверхонь.

Всі примітиви мають маркери, подібні маркерами Workplane. Вони можуть бути використані для перенесення, обертання навколо осей, зміни базових розмірів: довжини ширини, діаметра, висоти і т.д. Також можна викликати діалогове вікно для редагування подвійним клацанням миші на об'єкті або вибрати потрібні команди з контекстного меню (рис. 6.3).



Рис. 6.3 Меню команд поверхні

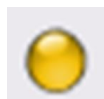
Поверхні-примітиви



- Площина



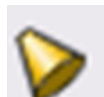
- Блок



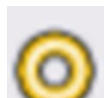
- Сфера



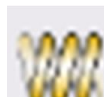
- Циліндр



- Конус



- Тор



- Пружина

Всі примітиви мають маркери, подібні маркерами Workplane.

Маркери можуть бути використані для перенесення, обертання навколо осей, зміни базових розмірів: довжини ширини, діаметра, висоти і т.д.

Можна викликати діалогове вікно для редагування подвійним клацанням миші на об'єкті або вибрати потрібні команди з контекстного меню (рис. 6.4, 6.5).

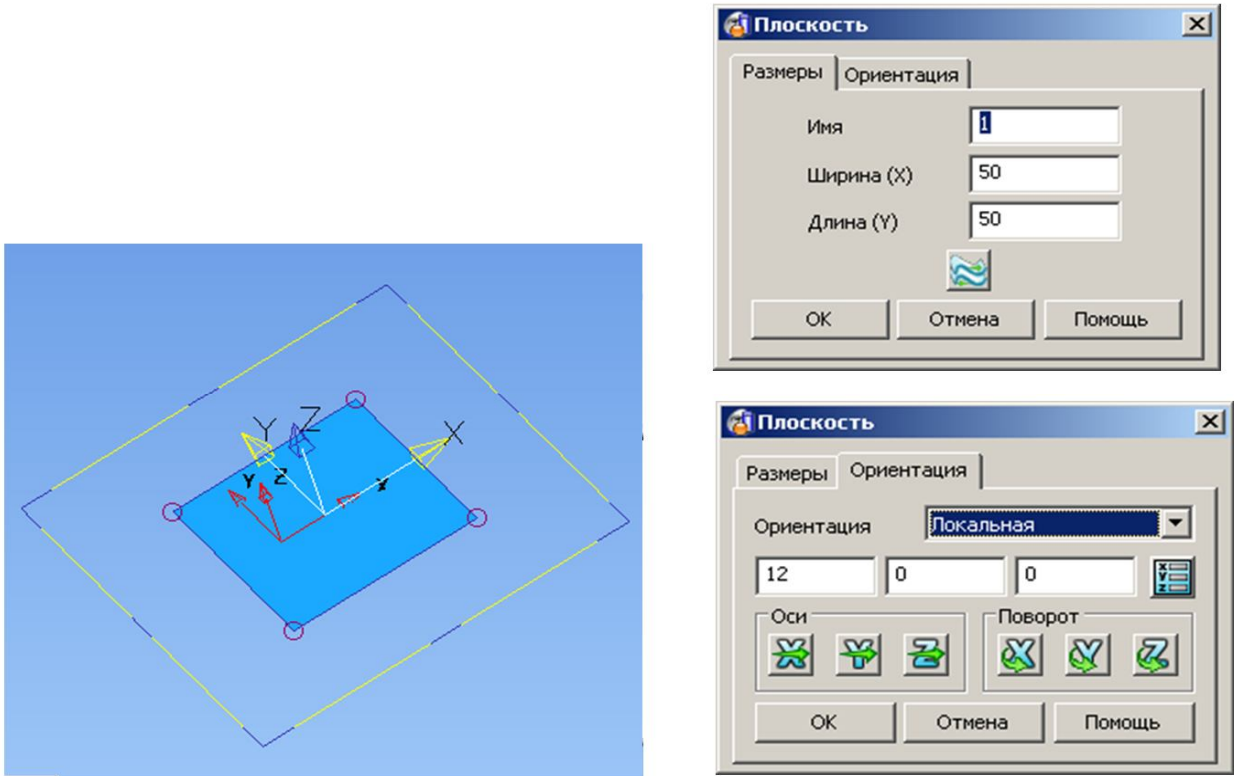


Рис. 6.4 Вікно створення поверхні примітиву

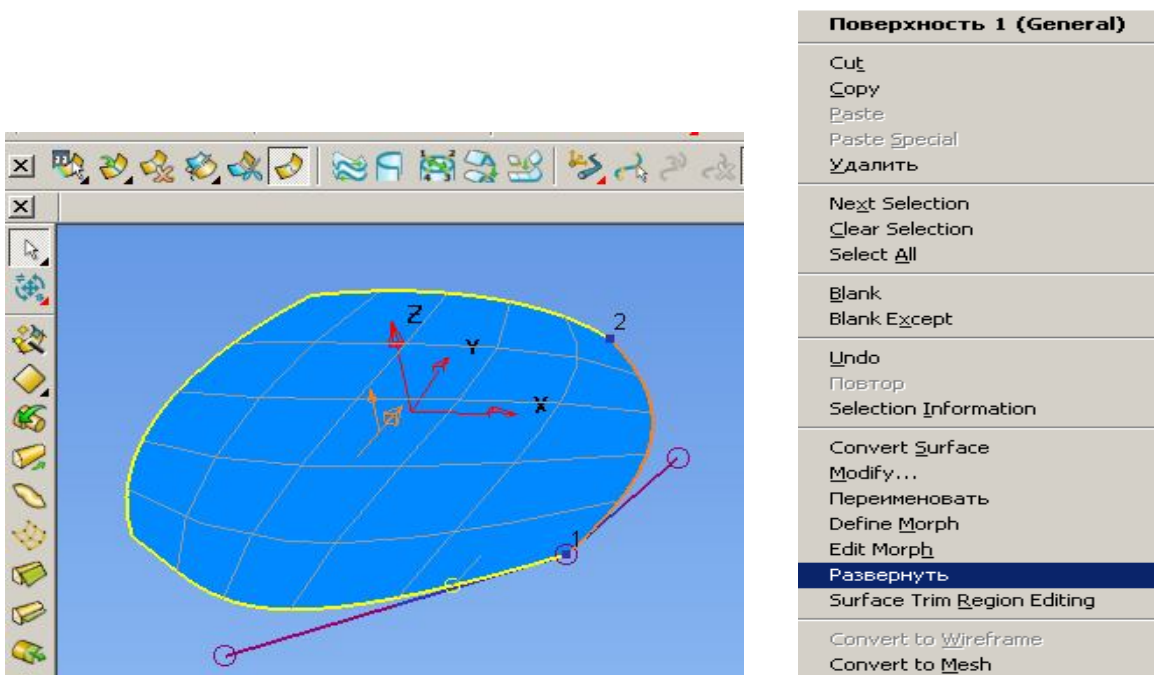


Рис. 6.5 Контекстне меню створення площини



- *Поверхня обертання*. Поверхня обертання будується в послідовності аналогічно команді *Витягування*. Побудова виконується в активній площині. Наприклад, якщо необхідно обертати контур щодо осі Z, то необхідно задати активну площину XY, тобто в рядку стану натиснути кнопку Z. Для створення поверхні необхідно *створити контур і повернути його*:

- виділити контур, вибрати з меню *Поверхня* команду *Поверхня обертання*, в діалоговому вікні задати параметри.

- необхідно контролювати вісь обертання.

- Для модифікації поверхні використовують діалогове вікно (рис. 6.6)

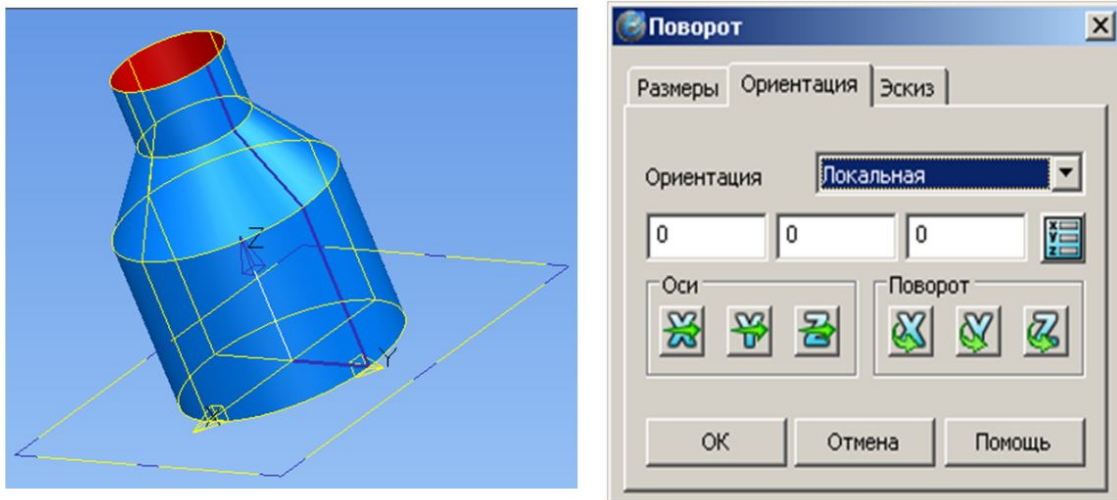


Рис. 6.6. Створення поверхні обертання



- *Поверхня витягування*

Для створення поверхні необхідно створити контур, і витягнути його: виділити контур, вибрати з меню *Поверхня* команду *Поверхня витягування*, в діалоговому вікні задати параметри витягування (рис. 6.7).

Основні опції команди:

Довжина – дозволяє задати довжину витягування щодо активної площини в напрямі осі.

Негативна довжина – дозволяє задати довжину витягування в протилежному напрямку активної осі.

Рівні довжини - створює поверхню симетрично активної площини зі значенням, встановленим у вікні "Довжина".

Ухил - дозволяє задати ухил витягування щодо активної площини. Кут вимірюється від нормалі до площини базової кривої.

Нахил - якщо встановлений цей прапор, то зміна напрямку осі Z поверхні призведе до зміни напрямку витягування, але базова крива при цьому залишиться на місці.

Вивернути - дозволяє змінити напрямок нормалі поверхні.

Залишити криві - при кожному натисканні цієї кнопки, копія вихідної кривої, використуваної для створення поверхні витягування, додається в модель.

Змінити - дозволяє редагувати криву.

Замінити - дозволяє замінити базову криву на нову.

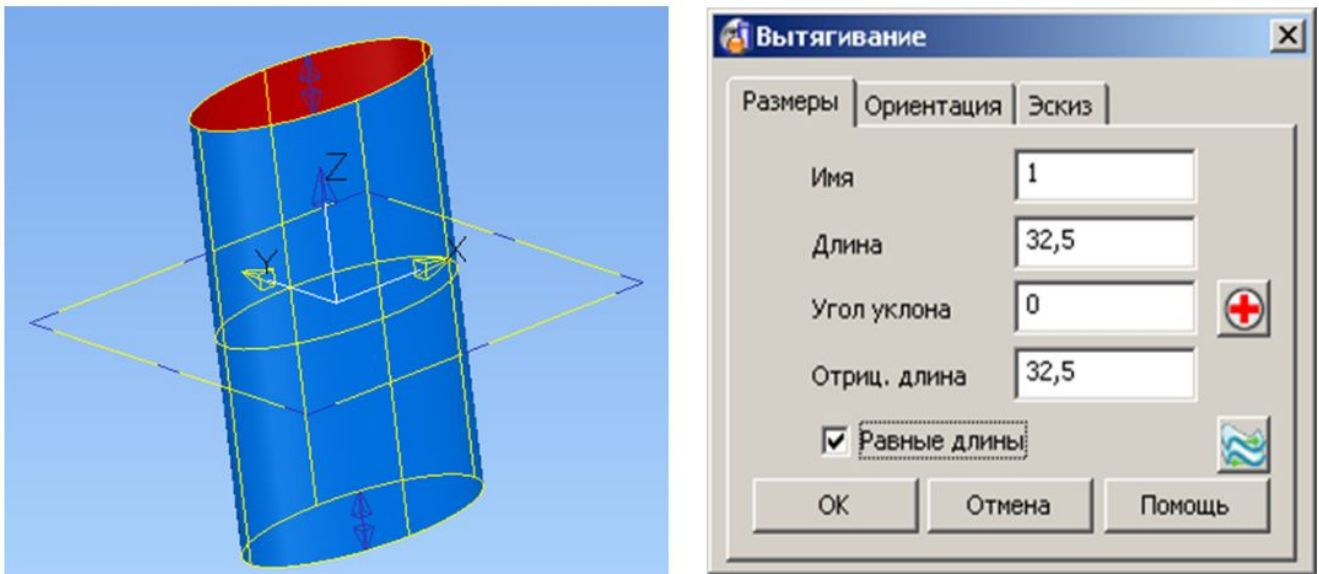


Рис. 6.7 Створення поверхні витягування

7. Створення поверхонь з мережі кривих

7.1 Поверхня з мережі кривих

- З мережі кривих
- З роздільних кривих
- Поверхня, що розгортається (по двох кривих)
- Обмежена поверхня (по кривим / точкам)
- Напрямна (Поверхня з провідною кривою)
- По двох напрямних
- Вписана площина (по кривим / точкам)

- Поверхня з трикутників
- Поверхня з мережі кривих над трикутниками



Поверхня з мережі кривих

Необхідна умова побудови: криві повинні припинятися між собою (рис. 7.1).

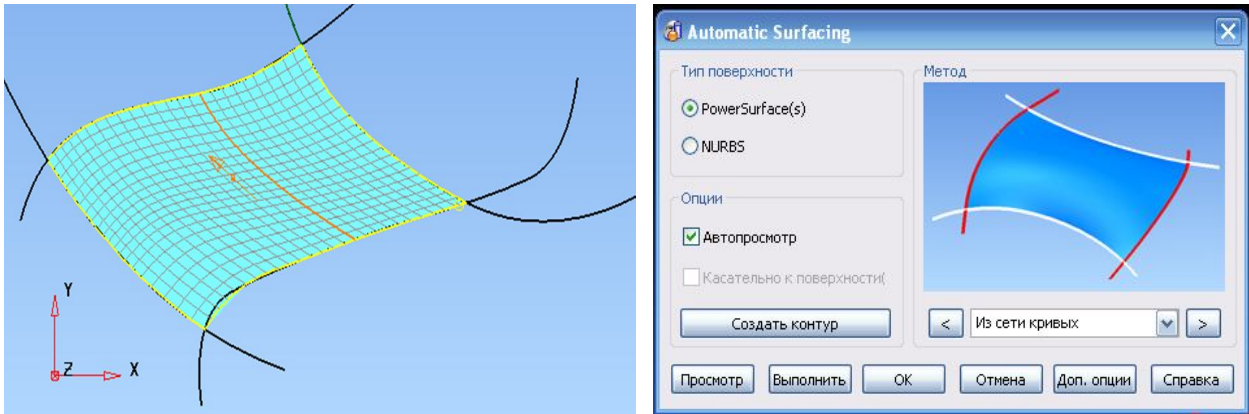


Рис. 7.1 Побудова поверхні з мережі кривих

Побудова:

- Вибрати мережу кривих
- Вибрати команду. З'явиться діалогове вікно, яке розширює можливості побудови:

Криві - прапорець в цьому полі вказує на те, що криві обрані. На цьому етапі можна скасувати вибір кривих або додати до обраних.

Перегляд - показує поверхню, створену з поточного набору кривих з поточними параметрами.

Опції – викликає діалогове вікно "Параметри поверхні з мережі кривих", яке використовується для зміни параметрів створення поверхні.

Виконати - створює поверхню. Діалогове вікно залишається на екрані, що дозволяє продовжити створення поверхонь з інших кривих.

Прийняти - створює поверхню і закриває діалогову панель.

Скасування - закриває діалогову панель, не створюючи поверхні.

- Натиснути *Перегляд* або *Виконати*. З'явиться поверхня

- Натиснути *Опції*. Відкриється діалогове вікно:

Вибрані об'єкти - дозволяє вибирати об'єкти, що задають поверхню за призначенням:

Криві - дозволяє додати або змінити набір кривих, використовуваних для

створення поверхні.

Кути - дозволить графічно вказати положення кутів поверхні. Для цього необхідно встановити прапор, і в графічному вікні вказати на кривих точку, в якій необхідно створити кут поверхні. Він буде відзначений маркером. Якщо кути не задані, PowerSHAPE призначить кути самостійно, аналізуючи безперервність кривих.

Напрямок - якщо жоден з методів інтерполяції точок не дає очікуваного результату, необхідно встановити прапор і самостійно вказати криву, яка з'єднає необхідні точки. У поверхні ці точки будуть з'єднані гладкою кривою. Направляюча крива повинна проходити через точки всіх поздовжніх і поперечних кривих і бути створена до створення поверхні.

Дотично до поверхні - ця опція доступна, коли в якості кривих обрані контури, створені по краю поверхні. Якщо цей прапорець встановлений, нова поверхня буде створена щодо до поверхонь, за якими створювалися контури. Ця опція доступна тільки в разі, коли *Інтерполяція кривих* встановлено в положення *Відносно*.

7.2.Інтерполяція точок

Інтерполяція точок - визначає, яким чином додаються додаткові точки, необхідні для вирівнювання кількості точок на кривих. Пропоновані варіанти:

- Довжина дуги (Нові криві будуються шляхом з'єднання точок, що лежать на однаковій відстані по довжині сусідніх відрізків.)
- Дотичне напрямком (Нові криві будуються шляхом з'єднання точок з однаковим дотичним напрямком)
- По ширині кривої (В цьому методі точки проектується на пряму, що сполучає початок і кінець кривої, і порівнюються відстані уздовж цієї лінії, а не по довжині кривої.)
- Ні (Цей метод підходить тільки для кривих з однаковою кількістю точок)

Інтерполяція кривих - визначає кривизну автоматично додаються утворюють. Можливі два варіанти: *Дотична* і *Лінійна*.

Кутова точність - дозволяє задати, чи є точка з'єднання двох кривих кутом (тобто точкою, де зустрінуться поздовжні і поперечні криві поверхні), або вона є проміжною точкою на поздовжньої / поперечної кривої.

7.3 Обмежена поверхня (NURBS)

Обмежена поверхню будується по кривим і / або хмари точок. Діалогова панель "*Налаштування обмеженою поверхні*":

Відносно до сусідніх поверхнях - ця опція доступна, коли в якості кривих задані контури, створені по краю поверхні. Якщо цей прапорець встановлений, створена поверхня буде дотичній до поверхонь, за якими створювалися контури.

Многолоскутна / Однолоскутна - дозволяє вибрати між створенням багато- або однолоскутної поверхні. Однолоскутна поверхня складається з двох поздовжніх і двох поперечних кривих. Многолоскутна поверхню містить більшу кількість утворюють. Зауважимо, що Однолоскутна поверхню забезпечує в загальному випадку велику гладкість, а Многолоскутна поверхню будується швидше, і більш точно слід заданим кривим.

Ступінь поверхні - дозволяє задати ступінь створюваної поверхні.

Вибір міри залежить від обраних об'єктів і очікуваного результату.

Для високих ступенів поверхні характерні:

- гнучкість;
- точне проходження обраної геометрії;
- можливість мати хвилі і складки.

Для малих ступенів поверхні характерні:

- плавність;
- відсутність складок;
- можливість відхилятися від обраної геометрії.

Додати поздовжні / поперечні криві - додає додаткові криві в плоскі і однолоскутні поверхні. Це полегшує візуальне сприйняття, і вибір таких поверхонь ніяк не впливає на їх геометрію

Поверхня по двом провідним

Щоб створити поверхню перетин і провідні криві повинні відповідати таким вимогам:

- Перетин має являти собою одну відкриту криву.
- Кожна провідна крива повинна являти собою одну криву.
- Обидві провідні криві повинні мати однакову кількість точок і обидві повинні бути або розімкнуті або замкнуті.
- Кінці перетину повинні збігатися з кінцями провідних кривих.



- Створити поверхню міхур

Дозволяє по будь-якій кривій створити опуклу поверхню У діалоговому вікні "Поверхня - міхур"

Точки - кількість точок в списку відповідає кількості точок на обраній кривій. У кожній з точок можна задати довжину хорди дуги і "висоту міхура". Можна вибрати кілька точок і задати для них загальні параметри (рис. 7.2).

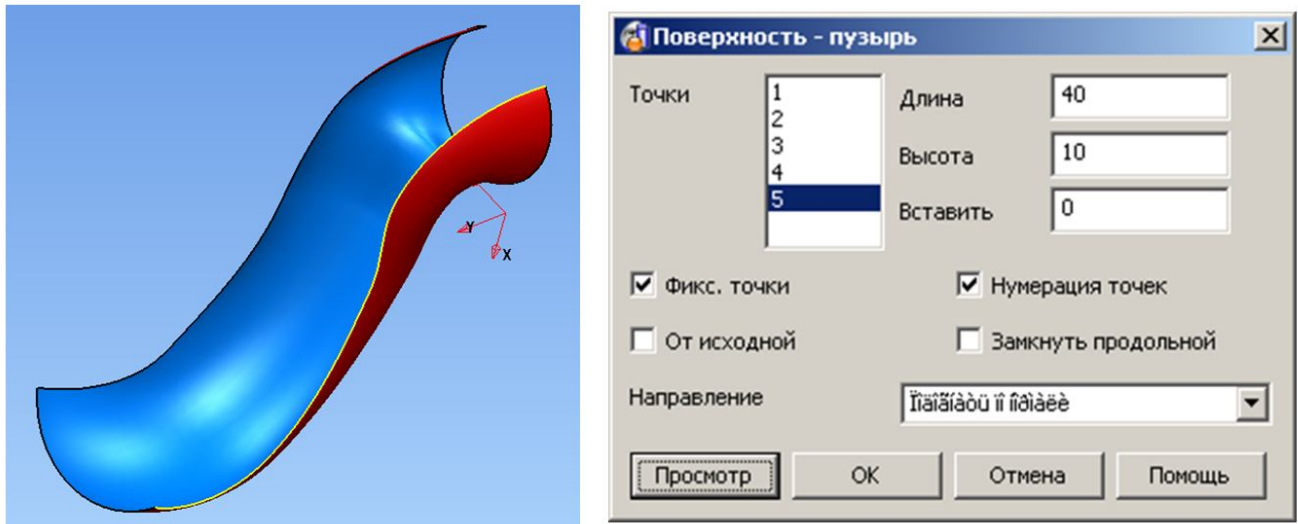


Рис. 7.2 Створення поверхні міхура

Довжина - довжина хорди для обраної точки.

Висота - висота для обраної точки.

Вставити - вставка точки між двома існуючими. При вставці точки відбувається перенумерація списку *Точки* і самих точок на кривій. Це дозволяє більш точно задати форму поверхні між двома точками.

Фікс. точки - за замовчуванням ця опція вимкнена до введення значень в поле Довжина або висота. Якщо опція вимкнена, *Довжина* і *Висота* визначаються за допомогою інтерполяції значень зафіксованих точок. Крайні точки незамкнених кривих зафіксовані за замовчуванням.

Нумерація точок - якщо опція включена, відображається нумерація точок вихідної кривої. За замовчуванням ця опція Включено.

Напрямок - дозволяє вибрати напрямок створення поверхні зі списку:

- *За нормаллю* - уздовж нормалі кривої.
- *Радіально* - радіально назовні від кривої.
- *Вздовж осі* - вздовж осі робочої площини.



Створення поверхонь з клаптів

Здається кількість точок для прив'язки, наприклад, до існуючих кривих (рис. 7.3).

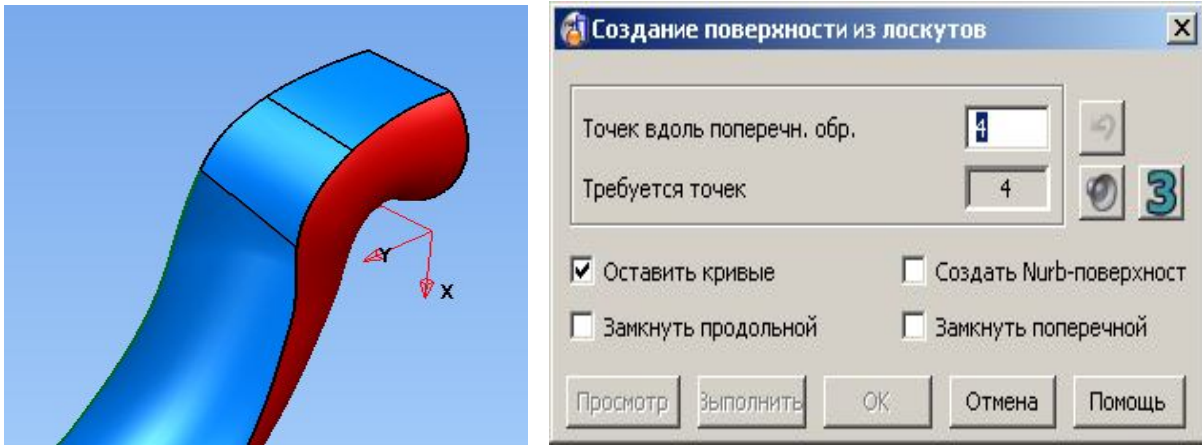


Рис. 7.3 Створення поверхонь з клаптів



Створення поверхні ухилу. Будується від виділеного контуру
Задається напрямок нормалей на контурі (рис. 7.4).

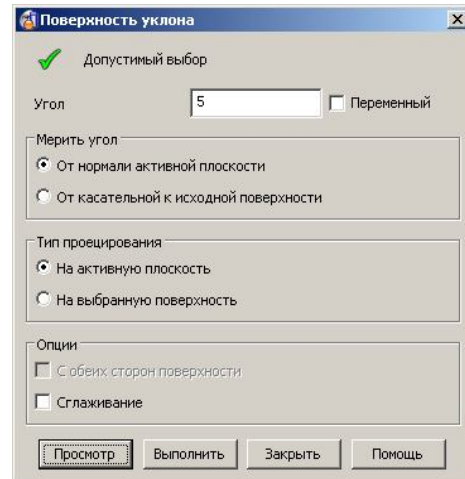
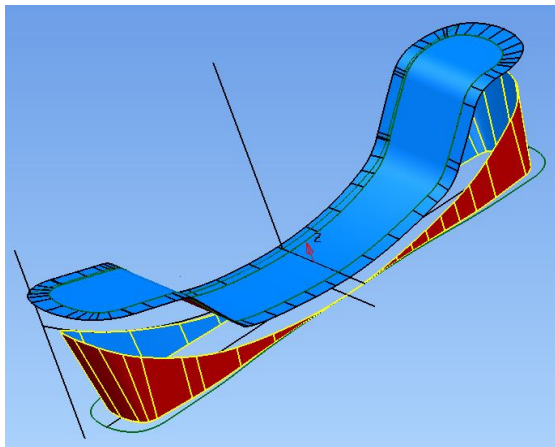


Рис. 7.4 Створення поверхні ухилу

Можливо також змінювати кут вздовж контуру – *Змінний* (рис. 7.5)

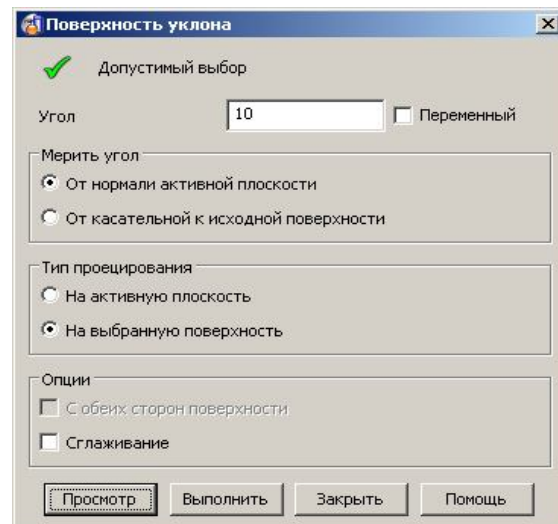
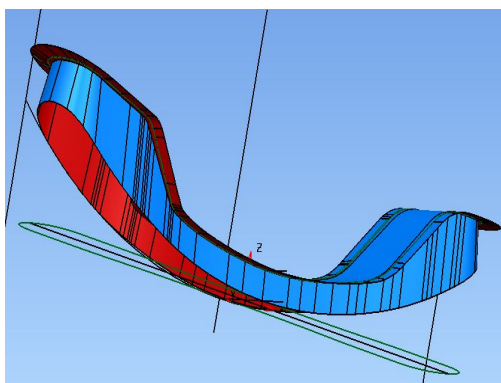


Рис. 7.5 Зміна напрямку поверхні ухилу



- Створення поверхні роз'єму

Задається контур роз'єму, кут, ширина поверхні (рис. 7.6).

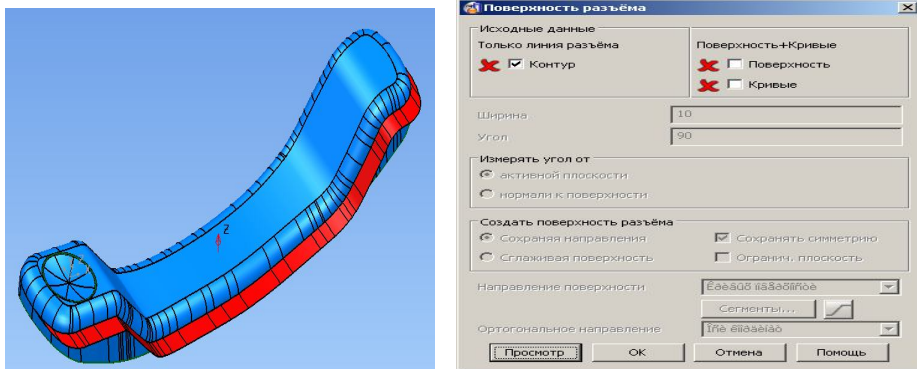


Рис. 7.6 Створення поверхні роз'єму



- Подовжити поверхню відносно контуру (рис. 7.7)

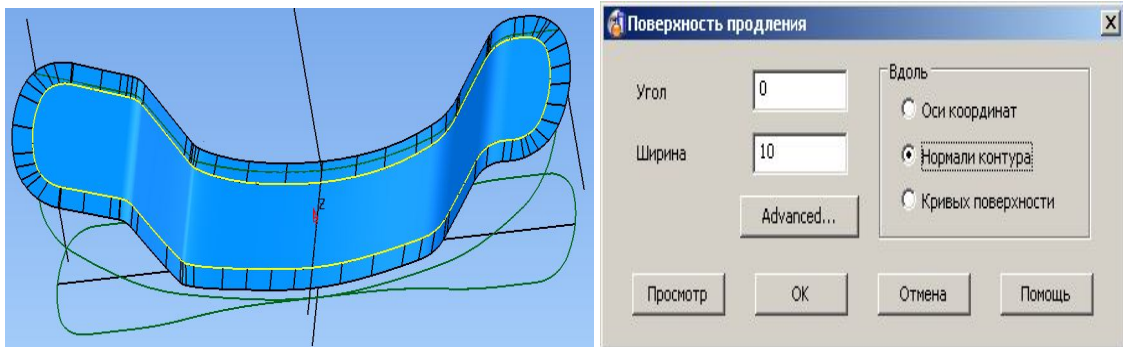


Рис. 7.8 Подовження контуру



- Виконати Скруглення поверхонь

Задаються об'єкти заокруглення - поверхні, можна задати і криву
Задаються параметри скруглення (рис. 7.9).

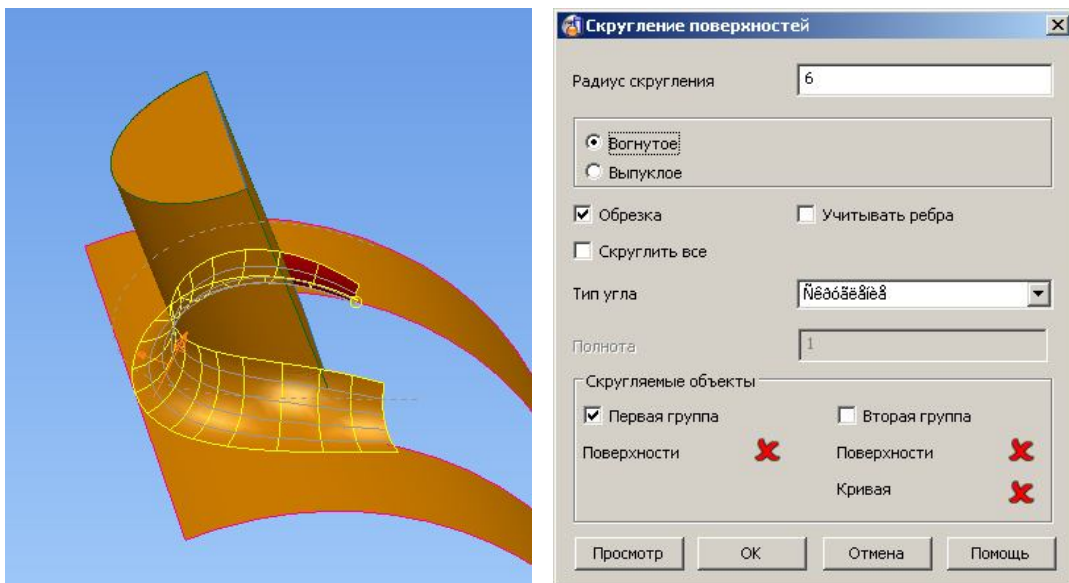


Рис. 7.9 Скруглення поверхні

Об'єкти заокруглення - дві поверхні



- Гладка стиковка (рис. 7.10)

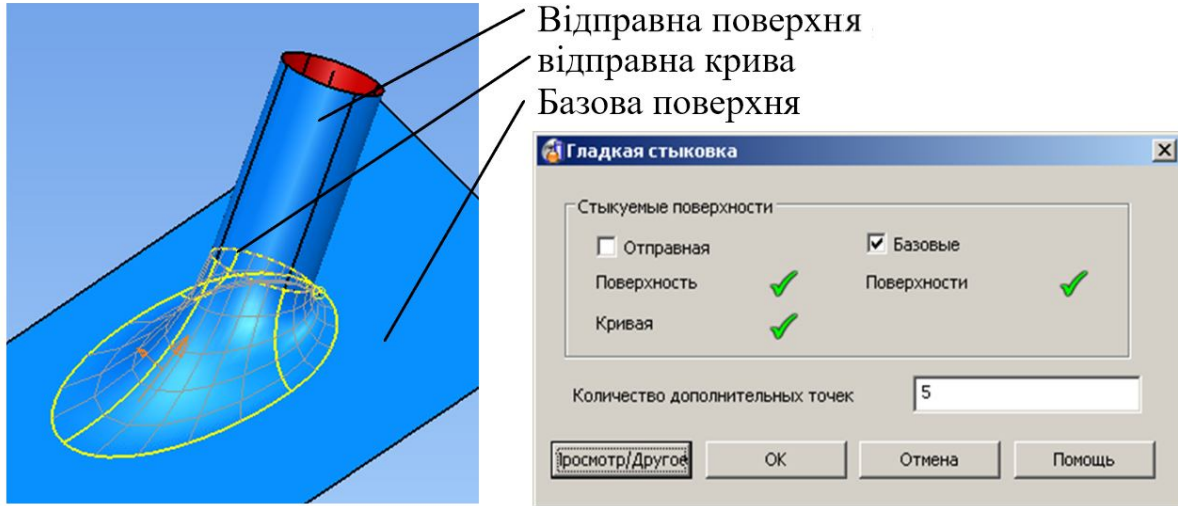


Рис. 7.10 Гладка стиковка

8 Твердотільне моделювання

8.1 Поняття твердотільного моделювання

8.2 Інструменти твердотільного моделювання

Основна ідея твердотільного моделювання полягає в тому, щоб забезпечити фізичне уявлення геометричних об'ємних тіл і оперувати поняттями «Додавання / видалення матеріалу». Коректне тверде тіло містить внутрішній обсяг, обмежений зовнішньою поверхнею тіла. Таке уявлення дозволяє визначати обсяг тіла, його масу, моменти інерції, центр ваги та ін. Ці параметри важливі для конструктора, оскільки є критичними при оцінці ефективності конструкції виробу.

Отже, твердим тілом називається об'ємна комп'ютерна модель, зовнішні поверхні якої не мають розривів в місцях сполучення, а внутрішній обсяг заповнений «твердим» матеріалом.

Недосконалість існуючого математичного апарату систем твердотільного моделювання обмежує можливості конструкторів у створенні складних форм. У більшості існуючих САД-систем для прямого побудови тіл використовуються примітивні об'єкти: паралелепіпед, сфера, циліндр, конус і тор. Нерідко, в арсенал конструкторів входить набір інструментів для створення тіл методами

витагування і обертання контурів (аналог поверхневих примітивів, а також побудова поверхонь методами витягування і обертання ми розглядали раніше. Для формування більш складних моделей зазвичай застосовують Булеві операції з твердими тілами: додавання тіл, віднімання тіл і перетин тіл (рис. 8.1, 8.2, 8.3).

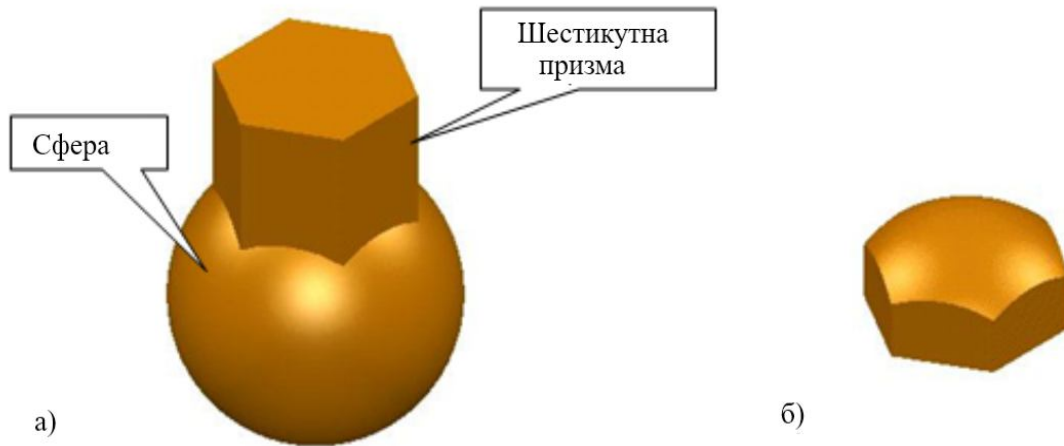


Рис. 8.1 Булева операція «Перетин тіл» а) вихідні дані; б) нове тіло

Розробники системи PowerShape, на додаток до вищесказаного, знайшли ефективне рішення для побудови твердих тіл будь-якої геометричної складності. Воно полягає в перетворенні межують між собою поверхонь, що утворюють замкнутий простір, в тверді тіла. Поряд з цим, стала доступна і зворотна операція - конвертація тіла в поверхні, якими воно описано.

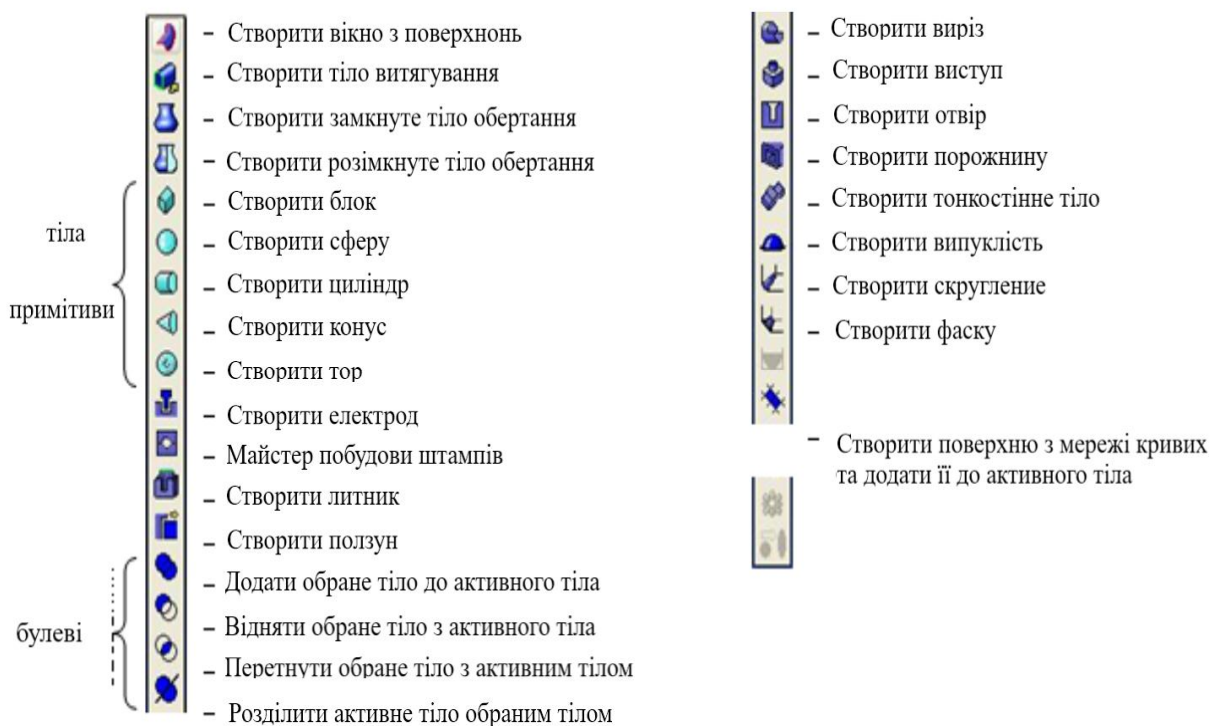


Рис. 8.2 Графічне вікно твердих тіл

У зв'язку з вищесказаним, система PowerShape дозволяє виконувати гібридне поверхнево-твердотільне моделювання промислових виробів будь-якого ступеня складності, надаючи конструктору право вибирати оптимальні методи геометричних побудов (рис. 8.1).

Інструменти, доступні для створення твердотільних моделей згруповані в випадуючому графічному меню «Тіло», яке знаходиться на головній панелі інструментів.

До елементарних твердотілих моделях (далі - тіла) належать об'єкти, на основі яких в подальшому здійснюється створення призначених для користувача тел. Найпростіші тіла - паралелепіпед, клин, конус, циліндр, куля і тор. Для їх створення ім. спеціальні команди, при відпрацюванні яких задаються основні геометричні характеристики об'єкта.

Найбільш простий варіант створення 3D-об'єктів - це вибір відповідної кнопки об'єкта в списку, розташованому в інструментальній групі

Паралелепіпед

Для створення тіла паралелепіпеда призначена команда Box, яку можна викликати клацанням по кнопці Box (Паралелепіпед). Після виклику цієї команди в рядку підказки будуть виконуватися наступні дії.

Параметри команди такі:

- Center - дозволяє замість координат кута визначити положення геометричного центру паралелепіпеда;
- Cube - створює рівносторонній паралелепіпед;
- Length - дозволяє створити коробок по його основним розмірам: довжині, ширині, висоті.

Таким чином, паралелепіпед можна створити чотирма способами:

1. Ввести координати двох протилежних кутів або відзначити клацанням миші їх положення на екрані (рис.8.3а).

2. Ввести координати геометричного центру паралелепіпеда і одного з його кутів. Для цього необхідно у відповідь на питання Specify corner of box or [Center] <0,0,0> вибрати параметр Center, після чого на питання Specify center of box <0,0,0> ввести координати геометричного центру, а після появи наступної підказки Specify corner or [Cube / Length] визначити положення будь-якої вершини.

3. Ввести координати першої вершини, а потім перейти до розмірів сторін (рис. 8.3в). Для переходу до довжині, ширині і висоті паралелепіпеда потрібно на підказку Specify corner or [Cube / Length] ввести параметр Length, після чого

відповіді на три питання:

Specify length: <Введення з клавіатури значення довжини (розміру, відкладали в напрямку осі X поточної ПСК)> Specify width: <Введення з клавіатури значення ширини (розміру, відкладали в напрямку осі Y поточної ПСК)>

Specify height: <Введення з клавіатури значення висоти (розміру, відкладали в напрямку осі Z поточної ПСК)>

4. Ввести координати геометричного центру, а потім перейти до розмірів сторін (рис. 8.3г). Щоб визначити положення центра коробка, потрібно у відповідь на питання Specify corner of box or [Center] <0,0,0> вибрати параметр Center, після чого на питання Specify center of box <0,0,0> ввести відповідні координати. Для переходу до довжині, ширині і висоті паралелепіпеда потрібно на підказку Specify corner or [Cube / Length] ввести параметр Length, після чого відповіді на три питання (див. Вище).

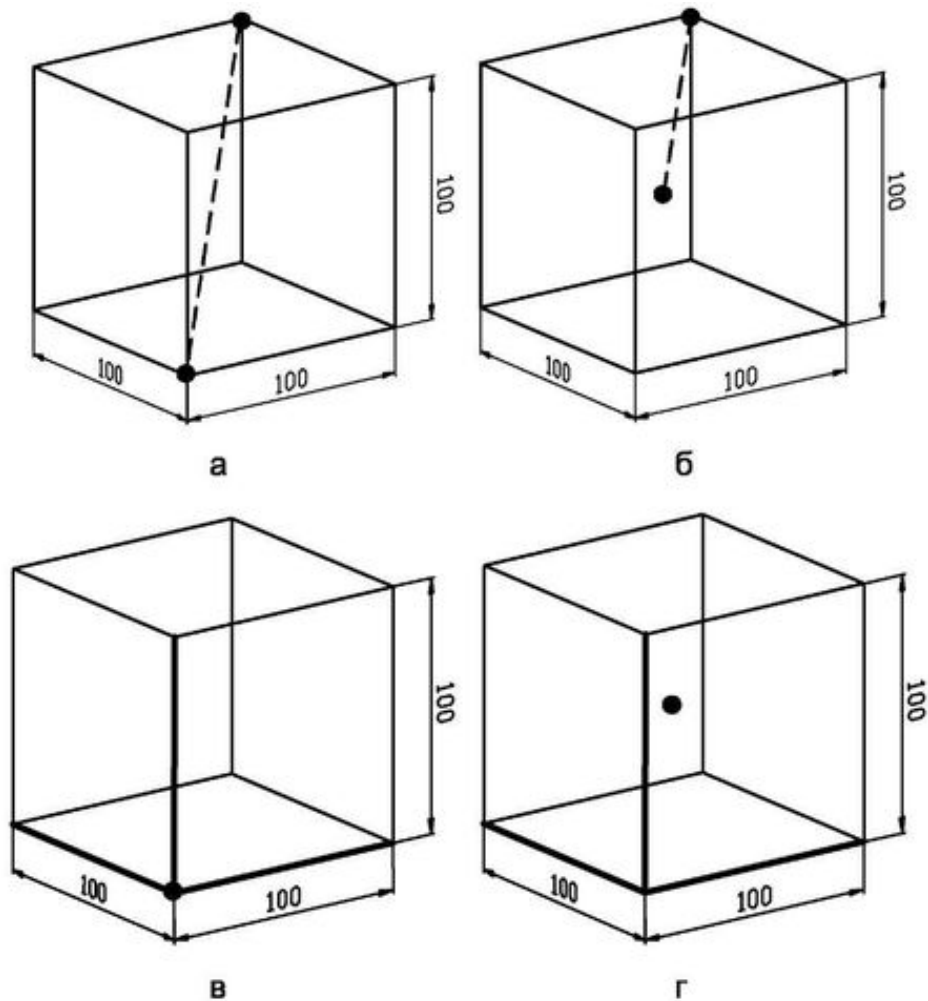



Рис.8.3 Засоби побудови паралелепіпеда

Конус

[Ads]

Для створення тіла конуса з окружністю або еліпсом в основі призначена команда Cone, яку можна викликати клацанням по кнопці Cone (Конус) . Після виклику цієї команди в рядку підказки будуть виконуватися наступні дії:

Command: Cone Command: ISOLINES

Enter new value for ISOLINES [4]: <Вказує кількість ліній контуру для викладу поверхонь об'єктів. Допустимі значення - цілі числа від 0 до 2047. Початкове число 4> Command: Cone

Specify center point for base of cone or [3P / 2P / Ttr / Elliptical] <0,0,0>: <Введення або позначення на екрані координат центру підстави конуса або вибір параметра Elliptical>

Specify base radius or [Diameter]: <Введення координат другої точки, що утворює разом з першою відрізок, рівний радіусу підстави конуса, або вибір параметра Diameter> Specify height or [2Point / Axis endpoint / Top radius]:

<Введення числового значення висоти конуса, який починається від площини підстави, або вибір параметра Apex>

Параметри команди такі:

- 3P - визначає довжину окружності підстави і базову площину конуса за допомогою завдання трьох точок;
- 2P - вказує, що висотою конуса є відстань між двома заданими точками;
- Ttr - визначає підставу конуса по заданим дотичним до двох об'єктах;
- Elliptical - служить для побудови еліпса в основі конуса;
- Diameter - використовується для введення діаметра підстави конуса замість радіуса.

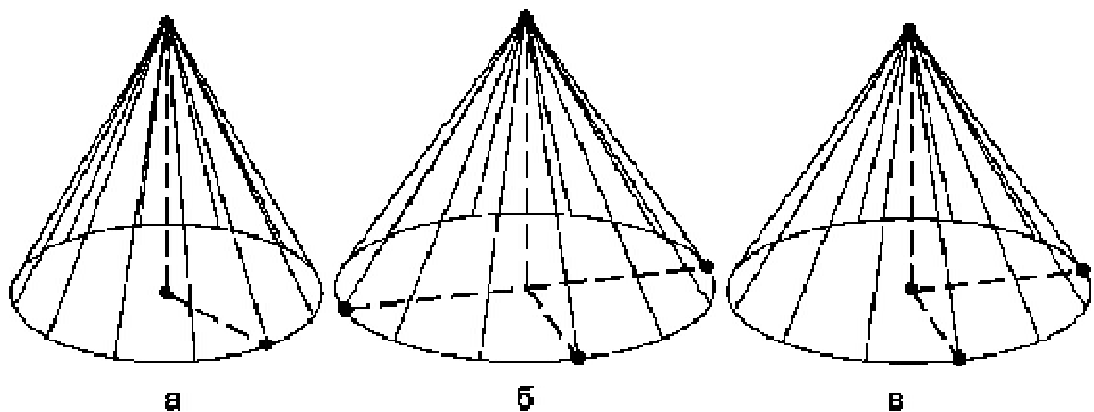


Рис.8.4 Засоби побудови конусу

Таким чином, конус в AutoCAD можна побудувати з окружністю або еліпсом в основі. У першому випадку необхідно вказати три точки (рис. 8.4а), причому якщо потрібно, щоб площина, в якій будується радіус (діаметр), не співпадала з площиною основи, скористайтеся параметром Apex.

У другому випадку підстава еліпса можна задати двома способами: двома точками, розташованими на кінцях першої осі еліпса, і третьою точкою, що лежить на кінці другої осі (рис. 8.4); точкою центру еліпса і двома точками, що лежать на кінцях першої та другої осей еліптичного підстави (рис. 8.4в).

Command: Cone Command: ISOLINES

Enter new value for ISOLINES [12]: <Вказує кількість ліній контуру для викладу поверхонь об'єктів. Допустимі значення - цілі числа від 0 до 2047. Початкове число 12>

Specify CENTER point for base of cone or [3P / 2P / Ttr / Elliptical]: E


Specify axis endpoint of ellipse for base of cone or [Center]:

<Вибір положення точки, що лежить на кінці першої осі еліпса, або вибір параметра Center для переходу до другого способу формування еліптичного підстави> Specify other endpoint of first axis: <Вибір положення другої точки, що лежить на кінці першої осі еліпса> Specify endpoint of second axis : <вибір положення точки, що лежить на кінці другої осі еліпса> Specify height or [2Point / Axis endpoint / Top radius]: <Введення чисельного значення висоти конуса, який починається від площини підстави, або вибір параметра 2Point / Axis endpoint / Top radius>

Параметри команди такі:

- 2Point - визначає діаметр основи циліндра шляхом вказівки двох точок;
- Axis endpoint - задає положення кінцевої точки для осі циліндра. Ця кінцева точка є точкою центру верхньої межі циліндра. Кінцева точка осі може бути розташована в будь-якій точці 3D-простору;
- Top radius - задає верхню радіус піраміди при створенні усіченої піраміди.

Шар

Для створення циліндра з окружністю або еліпсом в основі призначена команда Sphere, яку можна викликати кнопкою Sphere (Куля) . Після виклику цієї команди в рядку підказки будуть виконуватися наступні дії:

Command: Sphere Command: ISOLINES

Enter new value for ISOLINES [12]: <Вказує кількість ліній контуру для викладу поверхонь об'єктів. Допустимі значення - цілі числа від 0 до 2047.

Початкове число 12>

Specify center point or [3P / 2P / Ttr] <0,0,0>: <Введення координат центру кулі або Enter для поєднання центру з початком координат>

Specify radius or [Diameter]: <Введення числового значення радіуса або вибір положення місця точки на поверхні кулі за допомогою «гумової» лінії, що бере початок з центру кулі>

Таким чином, методика побудови кулі аналогічна діям при побудові конуса.

Для додання більш реалістичного вигляду рекомендується виставити значення системної змінної ISOLINES рівним 20 або більше. Крім того, незалежно від встановленої кількості утворюють ліній поверхню кулі можна за допомогою команди Hide. Ця команда здійснює триангуляцію поверхні (розбивку на трикутні непрозорі межі). Для відновлення початкового зображення слід виконати команду Regen. Так, наприклад, на рис. 8.5 показано, як виглядає тіло кулі до і після виконання команди Hide.

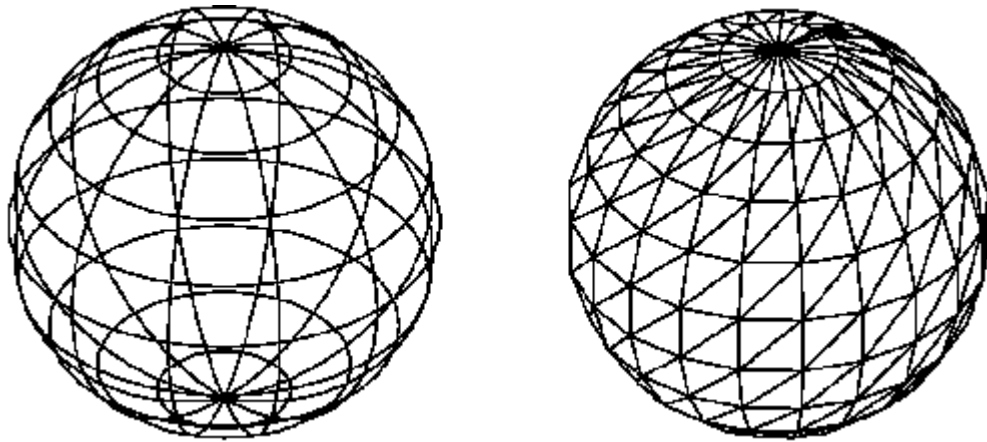


Рис. 8.5 Варіанти просмотру тіла шару

Раніше ми вже розглядали такі види 3Д моделювання, як низько- і високополігональні моделювання, предметне моделювання, сплайнова і NURBS моделювання. Зараз розглянемо 3 види моделювання об'єктів: параметричне, поверхневе і твердотільне, їх переваги та особливості застосування.

САПР або система автоматизованого проектування - це організаційно-технічна система, яка відповідає і реалізує інформаційну технологію проектування, автоматизує процес проектування, і складається з комплексу технічних, програмних засобів для проектування і персоналу, задіяного в процесі проектування і його автоматизації.

Параметричне моделювання - це проектування моделі об'єкта з використанням параметрів і співвідношень між параметрами її елементів. За допомогою параметризації (параметричного моделювання) можна за короткий час випробувати різні комбінації геометричного співвідношення і зміни параметрів моделі, внести необхідні корективи і уникнути подальших помилок (рис. 8.6).

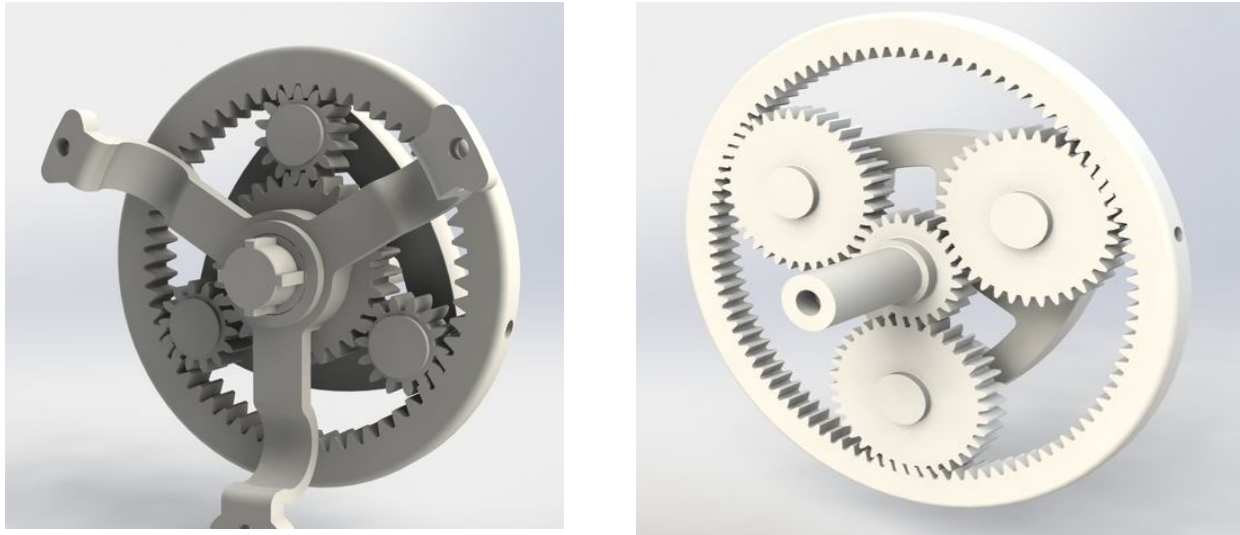


Рис. 8.6 Приклади параметричних моделей

Параметричне тривимірне або двовимірне моделювання істотно відрізняється від звичайного креслення або 3Д-моделювання. У випадку з параметричних моделюванням створюється математична модель з параметрами, зміна яких тягне за собою зміну всієї конфігурації деталі, переміщення деталей в збірці і інші схожі трансформації.

Ідея створити параметричне моделювання з'явилася досить давно, але на жаль втілення в життя було неможливо через недостатню продуктивності комп'ютерів. 1989 рік став датою народження параметричного моделювання, так як саме в цьому році були випущені перші САПРи з функціями параметризації.

Формування та впровадження залежностей і маніпуляції з ними по суті є процесом проектування. Тому параметричне моделювання є самим простим, зручним способом проектувати об'єкти, так як саме ця технологія надає фахівцеві повний доступ до контролю залежностей. Параметризація як метод проектування об'єктів для фахівців є таким же легким способом як редагування тексту в Word.

При моделюванні об'єктів використовують такі терміни, як поверхневе моделювання і твердотільне моделювання. В результаті такого моделювання отримуємо деяку оболонку (або кілька оболонок), яка описує поверхню об'єкта, що моделюється (рис.8.7).

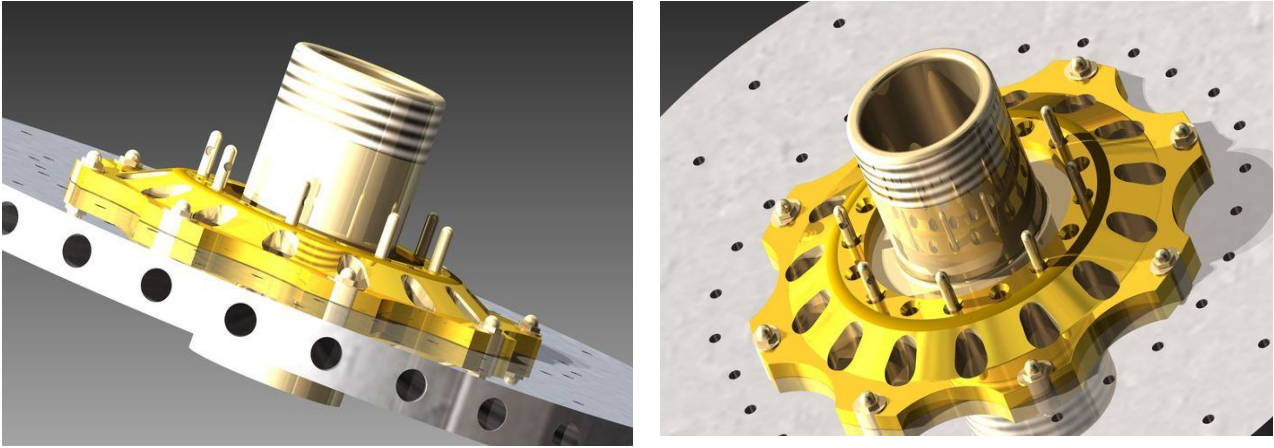


Рис.8.7 Створення складних моделей з поверхневим та твердотільним моделюванням

Поверхневе моделювання

Поверхневе моделювання - є однією з найкращих технологій, застосовуваних для створення об'ємних або 3D об'єктів і форм. Дана технологія реалізована в програмах верхнього рівня. Поверхневе моделювання використовується фахівцями для створення складних форм; застосовується для зображення поверхонь деталей зовнішнього вигляду - машини, літаки, побутова і промислова техніка. Технологія застосовується для проектування об'єктів, виготовленими штампувальними або литими способами (рис.8.8).



Рис. 8.8 Застосування поверхневого моделювання при зображенні моделей

Переваги поверхневого моделювання:

1. Достовірне подання будь-якого за складністю об'єкта;
2. Контроль взаємно розташованих деталей;
3. Підготовка керуючих програм для верстатів.

При моделюванні поверхонь в першу чергу створюються і видозмінюються поверхні всіх елементів і деталей об'єкта, що моделюється. Поверхні елементів з'єднують між собою шляхом округлення або переходу, на місцях їх перетину зайве обрізають, і, таким чином, з усіх поверхонь збирають зовнішню оболонку модельованого об'єкта.

Поверхнєве моделювання здатне проектувати поверхні об'єкта, всередині ж виріб пуста, яке складається з патчів. Патч і топологічні поверхні є основними поняттями, які використовуються при поверхнєвому моделюванні. Поверхня - це і є геометрична модель така ж як і тіла, і адаптивні форми. Поверхня це власне межа, яка розділяє робочий простір на два півпростору.

При поверхнєвому моделюванні зовсім необов'язково, щоб оболонка моделі була замкнутою. Досить часто застосовують поверхнєве моделювання для моделювання складних елементів, деталей об'єкта, при складанні (рис.8.9).

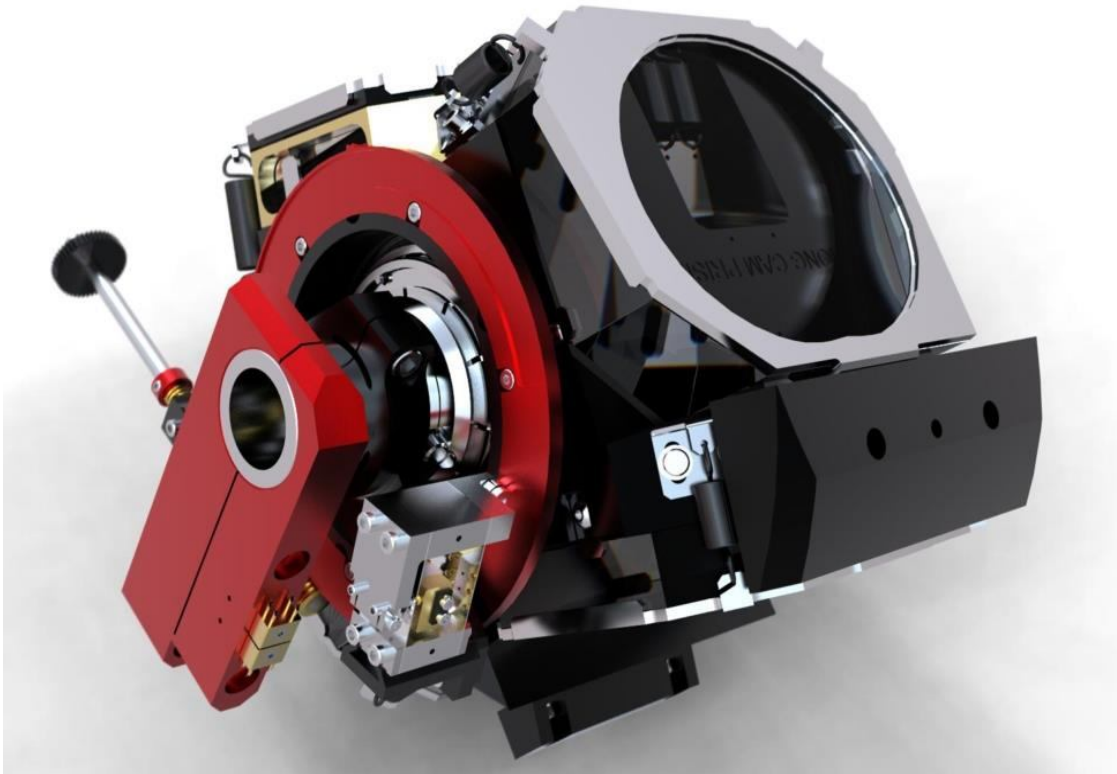


Рис.8.9 Приклад поверхнєвого моделювання для складання вузла

Моделювання поверхонь широко застосовується для проектування планерів літаків, кузовів автомобілів і т.п.

Твердотільне моделювання

Твердотільне моделювання - це проектування тіл, що мають всі ознаки фізичного тіла. Об'єкти, виконані за допомогою даної технології, краще сприймаються в порівнянні з об'єктами, виконаними іншими способами (рис.8.10).

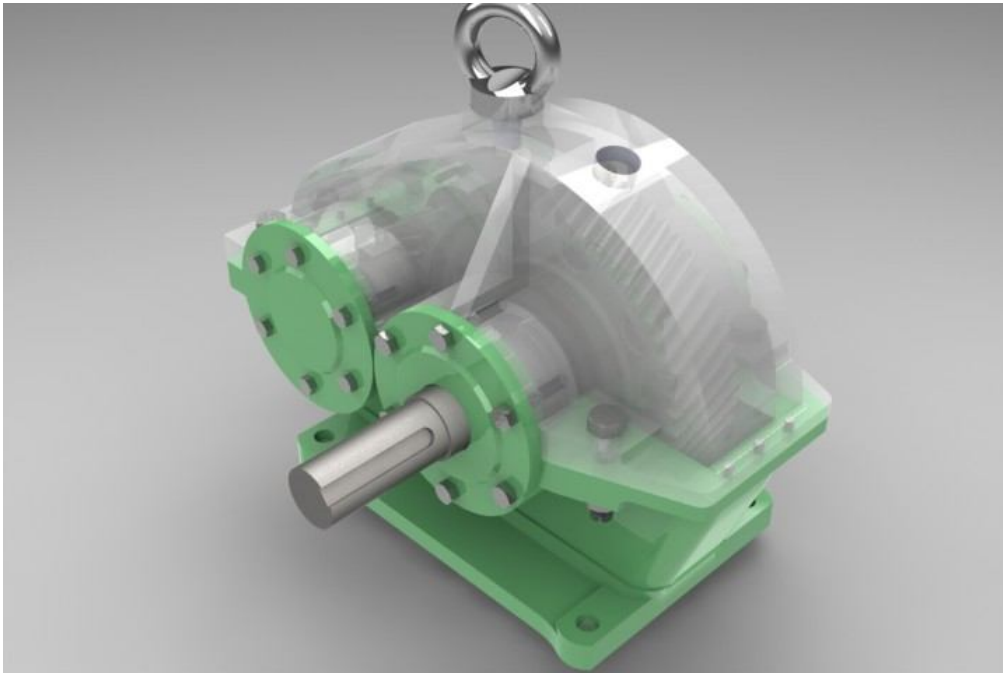


Рис. 8.10 Приклад твердотільного моделювання

При твердотільному моделюванні працюють не з окремими поверхнями, а відразу з оболонками. Поверхня модельованого об'єкта повністю описується оболонками, які відокремлюють внутрішній обсяг об'єкта від всього іншого простору. У твердотільному моделюванні процес побудови оболонки об'єкту аналогічний процесу виготовлення самого об'єкта, що моделюється. Спочатку створюється оболонка простої форми, яку потім вже підганяють під модель потрібним чином (8.11).



Рис. 8.11 Створення фотореалістичних твердотільних моделей

Переваги твердотільного моделювання:

1. Краща візуалізація і сприйняття створеної моделі - тривимірна модель із застосуванням сучасних технологій виглядає більш ніж реалістично.

2. Автоматичне формування креслень - одне з найголовніших переваг даної технології. Побудова моделі та формування креслень по ній з використанням твердотільного моделювання - справа кількох секунд.

3. Швидкість і легкість в процесі внесення змін і коригувань в модель - не потрібно заново формувати креслення, досить змінити потрібні пункти і оновити програму. Також можна використовувати шаблони, що значно скоротить час на виконання роботи.

4. Об'єднання з різними додатковими програмами - інтеграція дозволяє скоротити час, використавши відразу отримані результати на наступних стадіях роботи.

5. Швидкість при проектуванні - твердотільне моделювання скорочує термін виконання проектування об'єкта. Швидкість моделювання позитивно впливає на швидкість повернення вкладених інвестицій.

Створення твердотільних моделей як ніколи сьогодні актуально. Важливо не тільки швидко створювати об'єкт, але і так само швидко редагувати його. Твердотільне моделювання володіє даними якостями, тому воно вважається найдосконалішою технологією. Методи уявлень, а саме граничний і конструктивний забезпечують максимально реалістичні моделі (рис.8.12).

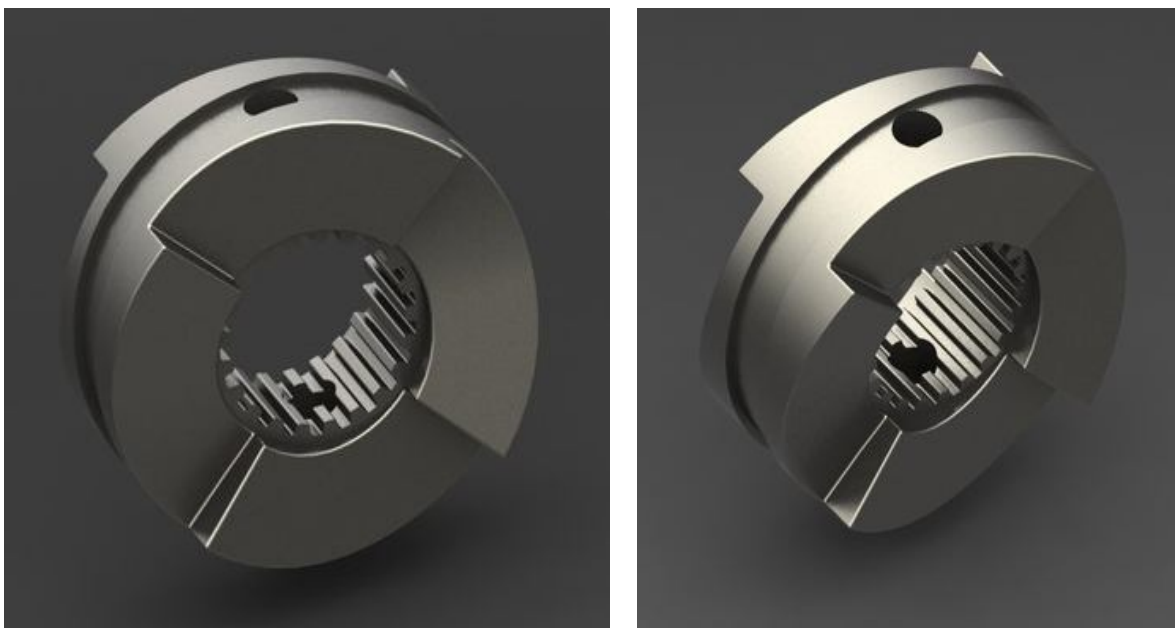


Рис. 8.12 Граничне і конструктивне уявлення твердотільних моделей

Володіючи такими істотними перевагами, твердотільне моделювання визнано найшвидшим, якісним і ефективним методом при проектуванні складних об'єктів.

Послідовність твердотільного моделювання

Залежно від складності об'єкта, що моделюється моделювання може включати в себе побудову одного або декількох тіл. Створення одиночного тіла починається з побудови одного тіла простої форми або побудови тіла на базі поверхонь, або побудови тіла на базі ліній.

Прості тіла: прямокутна призма, сферичне тіло, циліндричне тіло, конічне тіло, тороїдальне тіло.

Тіла на базі ліній: тіло видавлювання, тіло обертання, тіло зсуву, тіло замітання, тіло на основі плоских перетинів.

Тіло на базі поверхонь: тіло у формі листа.

Дії, операції, які можна проводити над усіма тілами:

- булево об'єднання тел;
- булево перетин тіл;
- булево вичитання тел;
- різка тіла поверхнями;
- побудова симетричного тіла;
- побудова еквідистантного тіла;
- побудова тонкостінного тіла;
- скруглення ребер тіла;
- фаски ребер тіла;
- побудова ребер жорсткості;
- побудова тіла з порожнинами.

Процес побудови оболонки складного тіла аналогічний процесу виготовлення самого об'єкта, що моделюється. За допомогою операції булевого об'єднання до тіла можна додати необхідний обсяг (для цього необхідно створити ще одне тіло і об'єднати з вихідним тілом). Аналогічним чином за допомогою операцій булевого перетину або вирахування з тіла можна прибрати непотрібний обсяг (відрізати зайву частину обсягу). За допомогою інших операцій можна округляти ребра тіла, зняти з них фаски (прибрати округленими), побудувати тонкостінне тіло. Для симетричних тіл достатньо буде побудувати тільки одну половину тіла, а потім застосувати операцію побудови симетричного тіла.

При створенні декількох тіл можна отримати збірку тіл. При складанні тіл все тіла рівноправні.

Поверхневе і твердотільне моделювання: спільне та відмінне

Поверхневе моделювання (моделювання поверхонь) має багато спільного і багато відмінностей з твердотілим моделюванням (моделювання твердих тіл). Після проведення моделювання в обох випадках результатом є оболонка, яка описує поверхню об'єкта.

При поверхневому моделюванні фахівець спочатку створює поверхню, модифікує її. Потім поверхню обрізається по лініях перетину і з'єднується з іншими поверхнями. Таким чином, майстер «складає» потрібну оболонку. Такий спосіб моделювання дозволяє створювати складні форми і об'єкти (рис.8.13).

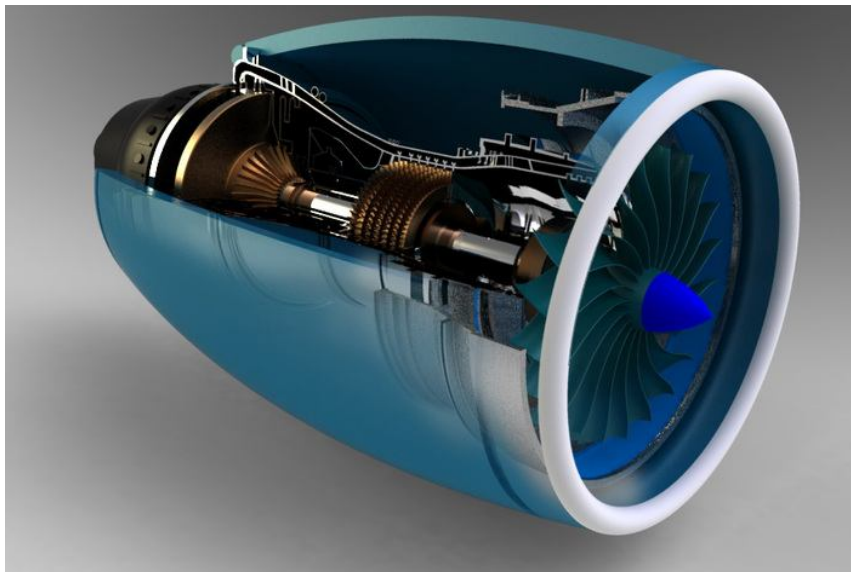


Рис. 8.13 Остаточний результат створення моделі у PowerShape

Працюючи по твердотільній технології, фахівець спочатку працює з оболонкою, а потім з окремими поверхнями. Принцип роботи простий: створення простої оболонки, повністю описуваного об'єкту. Потім за допомогою різних операцій: булеві, округлення, побудови ребер і інших, оболонці надається потрібна форма.

Поверхневе і твердотельное моделювання є всього лише різними способами для досягнення одного і того ж результату. Аналогічні дії, виконані в різній послідовності, визначають головні відмінності між поверхневим і твердотілим моделюванням.

Список літератури

1. Система автоматизированного проектирования технологических процессов. Руководство пользователя. – 2010. – 275 с.
2. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – М. : ФОРУМ, 2008. – 448 с. – ISBN 978-5-91134-117-6.
3. Капустин, Н. М. Автоматизация машиностроения : учеб. для втузов / Н. М. Капустин, Н. П. Дьяконова, П. М. Кузнецов ; под ред. Н. М. Капустина. – М. : Высш.шк., 2003. – 223 с. – ISBN 5-06-004072-0.
4. Кондаков, А. И. САПР технологических процессов : учеб. для студ. высш. учеб. заведений / А. И. Кондаков. – М. : Академия, 2010. – 272 с. – ISBN 978-5-7695-3338-9.
5. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов : учеб. для вузов по спец. «Технология машиностроения», «Металлорежущие станки и инструменты» / С. Н. Корчак, А. А. Кошин, А. Г. Ракович, Б. И. Сеницын ; под общ. ред. С. Н. Корчака. – М. : Машиностроение, 1988. – 352 с. – ISBN 5-217-00237-9.
6. Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования : учеб. для вузов / И. П. Норенков. – 2-е изд., перераб и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 336 с. – ISBN 5-7038-2090-1.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания : в 2 т. / А. Д. Локтев [и др.]. – М. : Машиностроение, 1991. – 640 с. – ISBN 5-217-01190-4.
8. Официальный сайт компании АСКОН, разработчика ВЕРТИКАЛЬ. – Режим доступа : www.ascop.ru.
9. Официальный сайт корпорации «Вектор-Альянс», разработчика «ТехноПро». – Режим доступа : www.tehnopro.com.
10. Официальный сайт компании «СПРУТ-Технология», разработчика СПРУТ ТП. – Режим доступа : <http://www.sprut.ru>.
11. САПР и графика : журнал. – Режим доступа : <http://www.sapr.ru>.

